ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 23 MARS 1908.

PRÉSIDENCE DE M. H. BECQUEREL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

HYDRODYNAMIQUE. — *Théorie de l'écoulement sur un déversoir vertical en mince paroi et sans contraction latérale : Cas de la nappe ondulée et son raccordement au cas de la nappe plongeante.* Note de M. **J. Boussinesq.**

I. Lorsque, dans l'écoulement de l'eau sur un déversoir vertical en mince paroi, tenant toute la largeur du canal compris entre deux murs verticaux parallèles, la nappe de déversement est *noyée en dessous* par une masse d'eau tourbillonnante, dont la pression au niveau du seuil égale une fraction donnée N′ de la pression $\rho g h$ qui s'y exercerait, à l'état de repos, si le niveau avait partout, au-dessus du seuil, sa hauteur h d'amont (dite *hauteur de charge*), le coefficient m du débit $mh\sqrt{2gh}$ par unité de longueur du déversoir est une certaine fonction de N′, dont j'ai indiqué ou même effectué à très peu près le calcul dans une Note du 1er juillet 1907 (*Comptes rendus*, t. CXLV, p. 10), pour les valeurs de N′ comprises entre $-\infty$ et 0,8. A cette limite N′=0,8 un certain paramètre k, relié comme l'indique la formule

$$\frac{R_0}{\eta} = \frac{k}{1-k},$$

au quotient du rayon R_0 de courbure des filets fluides inférieurs (à la traversée de la section contractée) par l'épaisseur correspondante η de la nappe, devient égal à 1, après avoir crû à partir de zéro pendant que N′ passait de $-\infty$ à 0,8. Donc à ce moment où N′ = 0,8, les filets fluides sont sensiblement rectilignes à la traversée de la section contractée, après y avoir été, au début, fortement concaves vers le bas.

Or les accroissements successifs de N' se produisent, effectivement, à mesure qu'on relève le *niveau d'aval* ou niveau de l'eau dans le canal de fuite, en abaissant de plus en plus une vanne située à quelque distance en aval du déversoir; et ce niveau excède notablement le seuil au moment où $N' = 0,8$. Dès lors, la nappe, sans courbure sensible à la traversée de la section contractée (où elle est presque horizontale encore), n'a plus à descendre pour se joindre à l'eau stagnante ou tourbillonnante d'aval; et elle cesse de plonger au sein de cette eau, ou de s'y *noyer* complètement, pour s'étaler simplement à sa surface et ne rester dès lors *noyée qu'en dessous*. M. Bazin a observé en effet qu'elle se tient à la surface libre; et il l'a appelée *nappe ondulée,* en raison de quelques ondulations qu'elle y présente.

Il est clair que, si l'eau d'aval se relève encore plus et rend supérieure à 0,8 la pression relative N' sous la nappe, la courbure des filets fluides à travers la section contractée restera insensible, le haut de la nappe ayant encore moins à descendre pour s'étaler sur l'eau d'aval; et l'on aura désormais, d'une manière continue, $k = 1$, pour toutes ces nappes ondulées ou ne quittant plus la surface libre du canal de fuite.

Dès lors, la pression varie *hydrostatiquement* à la traversée de la section contractée, non moins qu'au-dessous d'elle où tourbillonne une eau censée *morte;* et l'on reconnaît aisément que cela revient à poser, avec les notations de la Note citée, $K = N'$. Pour chaque valeur donnée de N', la quantité K, qui était jusque-là une variable indépendante, ne reçoit donc plus qu'une seule valeur, fonction de N', valeur qui est précisément celle avec laquelle s'était confondue, à l'instant où k atteignait la limite 1, la valeur de K rendant maximum le coefficient m de débit.

Ainsi, il n'y a plus lieu, au delà de $N' = 0,8$, ni à faire varier k, ni à appliquer le principe du débit maximum.

II. L'hypothèse $k = 1$ réduit les équations (2) de la Note citée du 1er juillet 1907, par élimination de ν, à celle-ci :

$$(\alpha) \qquad c = \frac{3N' - 1}{8}.$$

Après quoi, les deux formules (1) de la même Note donnent, en éliminant n et en observant que $\frac{\log k}{k-1}$ se réduit ici à l'unité,

$$(\beta) \qquad m = (N' - c)\sqrt{1 - N'} = \frac{1 + 5N'}{8}\sqrt{1 - N'}.$$

Divisons ce coefficient m de débit par celui, $m' = 0,4342$, du déversoir-type à nappe libre; et puis donnons à N′ différentes valeurs entre 0,8 et 1. Nous formerons, par exemple, le Tableau suivant :

$N' = 0,80$	0,85	0,90	0,926	0,95	0,975	1,
$\frac{m}{m'} = 0,644$	0,585	0,501	0,441	0,370	0,267	0.

Or la formule empirique donnée par M. Bazin, pour les valeurs de N′ supérieures à 0,6, comme résumant le mieux les observations, est

$$\frac{m}{m'} = 1,05\sqrt[3]{1 - N'};$$

et l'on en déduit comme résultats de l'expérience, pour les pressions relatives N′ ci-dessus,

$\frac{m}{m'} = 0,614$	0,558	0,487	0,441	0,387	0,307	0.

Malgré les écarts assez sensibles qui les séparent, en général, des résultats théoriques précédents, on peut regarder la vérification comme satisfaisante : car la petite erreur inévitable sur N′, dans chaque observation, en entraîne *ici* une bien plus grande sur la fonction $\frac{m}{m'}$, vu la rapidité du décroissement de cette fonction dès qu'on approche un peu de la limite $N' = 1$.

III. La valeur de n qu'on a éliminée ci-dessus, pour obtenir (β), entre les deux équations (1) de ma Note du 1er juillet 1907, était

$$(\gamma) \qquad n = \sqrt{\frac{1 - N'}{1 - c}} = \sqrt{\frac{8}{3}\,\frac{1 - N'}{3 - N'}}.$$

Elle offre un certain intérêt; car elle entre, non moins que la contraction inférieure c de la nappe, dans l'expression générale du rapport,

$$\frac{\eta}{h} = (1 - c)(1 - n^2 k^2),$$

de l'épaisseur η de la nappe déversante à la hauteur h de charge. Ce rapport, en y faisant $k = 1$ et substituant les valeurs (α), (γ) de c et de n, devient

$$(\delta) \qquad \frac{\eta}{h} = \frac{1 + 5N'}{8}.$$

L'épaisseur η de la nappe ondulée serait ainsi, dans la section contractée, une fraction de la hauteur h de charge, croissante de $\frac{5}{8}$ à $\frac{6}{8}$ lorsque la pression relative N' sous la nappe grandit de 0,8 à 1, fraction égale en moyenne à $\frac{11}{16}$, ou à 0,6875. Elle diffère donc peu de sa valeur limite $\frac{2}{3}$ dans le déversoir théorique (à seuil épais et évasé) de Belanger, valeur qui se trouve convenir aussi, très sensiblement, tant aux nappes noyées en dessous et plongeantes, qu'à la nappe libre, dans les déversoirs verticaux sans contraction latérale.

IV. Il est naturel de se demander si l'expression (β) du coefficient de débit, relatif aux nappes ondulées, ou applicable aux valeurs de N' plus grandes que 0,8, se raccorde avec celle, beaucoup plus compliquée, qui convient aux autres nappes noyées en dessous, c'est-à-dire convexes vers le haut et plongeantes, où N' est inférieur à 0,8. Dans celles-ci, le coefficient de débit est la valeur maximum, pour k variable mais N' donné et constant, de la formule de m qui s'obtient par l'élimination de n, ν et c entre les équations (1) et (2) de la Note citée. Cette formule

$$(\varepsilon) \qquad m = \frac{k \log k}{2(k^2-1)} \left[(2+k) - k^2 \left(2 + k - \frac{k^2}{2} \right)(1-N') \right] \sqrt{1-N'}$$

ayant la forme $f(N', k)$, la relation $m = f(N', k)$ représente une famille de courbes, dont k désignerait le paramètre et où m, N' seraient respectivement l'ordonnée et l'abscisse. D'ailleurs, le maximum dont il s'agit se prend sans faire varier N', mais en déterminant k par l'équation $\frac{dm}{dk} = 0$. La suite des points considérés, depuis $N' = -\infty$ jusqu'à $N' = 0,8$, constitue donc *l'enveloppe* de cette famille de courbes; et, comme $k = 1$ pour $N' = 0,8$, c'est *l'enveloppée* (β), correspondant justement à $k = 1$, qui la continue au delà de $N' = 0,8$. Or, celle-ci est, comme toutes les enveloppées, tangente à l'enveloppe, en son point commun avec elle.

Il y a donc bien raccordement, ou contact du premier ordre, entre les deux expressions du coefficient de débit relatives aux deux sortes de nappes noyées en dessous, qui sont les nappes *plongeantes* et les nappes *ondulées*.

M. **J. Tannery**, faisant hommage à l'Académie d'une brochure relative aux manuscrits d'*Évariste Galois*, qu'il dépose sur le Bureau, s'exprime en ces termes :

« J'ai l'honneur d'offrir à l'Académie, au nom de Mme de Blignières, fille de Joseph Liouville, les manuscrits d'Évariste Galois.

» Ces manuscrits avaient été remis à Liouville par Auguste Chevalier. Liouville a publié les plus importants dans son *Journal*, ceux qui assurent à Galois une gloire impérissable. Cette publication a été faite très judicieusement, avec un soin et une conscience dont témoignent les notes manuscrites de Liouville, les corrections faites sur les épreuves. Ces notes et ces épreuves sont jointes aux manuscrits de Galois. En 1897, la Société mathématique de France, que présidait alors M. Émile Picard, a donné une nouvelle édition des Œuvres mathématiques de Galois, conforme à la publication de Liouville. M. Picard a écrit une Introduction pour cette nouvelle édition.

» J'ai décrit les manuscrits de Galois, que je remets aujourd'hui à l'Académie, dans une suite d'articles insérés dans le *Bulletin des Sciences mathématiques;* j'ai publié là les manuscrits que Liouville avait omis, au moins ce qu'il m'a paru utile ou possible de publier. M. Gauthier-Villars a réuni ces articles dans une brochure, dont je demande la permission de faire hommage à l'Académie.

» Ce n'est assurément pas sans peine que Mme de Blignières a pu retrouver les manuscrits de Galois, dans la masse des papiers laissés par son illustre père. L'Académie lui saura certainement gré de la peine qu'elle s'est donnée; les mathématiciens, tant qu'il en restera, ne regarderont jamais sans émotion le manuscrit de la Lettre à Chevalier ou du Mémoire sur les conditions de résolubilité des équations par radicaux, corrigé pendant la nuit qui a précédé le duel où Galois devait trouver la mort.

» Aux manuscrits de Galois est jointe une relique touchante qui vient d'Hermite, par M. Émile Picard : le professeur de Mathématiques spéciales de Galois, M. Richard, avait conservé et donné à Hermite quelques copies de son ancien élève ; M. Picard a bien voulu me remettre ces copies pour les joindre au don de Mme de Blignières. »

Sur la proposition de M. le Secrétaire perpétuel, l'Académie décide que des remercîments seront adressés à Mme de Blignières pour le don si précieux des manuscrits du grand et infortuné géomètre.

PHYSIQUE. — *Sur la théorie de l'électrocapillarité.* Note de M. GOUY.

J'ai montré antérieurement qu'il est nécessaire, lorsqu'un métal est immergé dans un électrolyte, de tenir compte des forces non-électriques φ qui peuvent s'exercer, à très petite distance, entre le métal et les ions ou les molécules du corps dissous ([1]). L'existence de pareilles forces attractives, variables suivant le corps considéré, paraît résulter des phénomènes bien connus que présentent les corps poreux ou très divisés et qu'on désigne quelquefois sous le nom d'*affinité capillaire*. Depuis lors, les recherches expérimentales que j'ai poursuivies sur la fonction électrocapillaire m'ont confirmé dans l'opinion que ces forces φ donnent la clef des problèmes de l'électrocapillarité.

De l'existence de ces forces résulte naturellement une accumulation des ions ou des molécules du corps dissous sur la surface du métal. J'ai pu démontrer, sans autre hypothèse que la réversibilité, qu'une pareille accumulation se produit en réalité dans les solutions aqueuses qui donnent un maximum électrocapillaire moindre que l'eau pure ([2]) (corps actifs).

Dans la Note précitée, j'ai examiné le cas où les forces φ agissent sur les anions seuls. Il se forme alors en général une couche électrique triple à la surface métal-électrolyte et, au maximum électrocapillaire, il y existe une couche double. En raison de cette couche, le métal à ce moment est négatif par rapport à la masse de l'électrolyte. Ce cas paraît être celui de tous les corps actifs de la Chimie minérale, en solutions étendues.

L'expérience montre en effet que leur courbe électrocapillaire ne dépend que de l'anion; elle est sensiblement la même pour les sels d'un

---

([1]) Les forces φ sont dites *non-électriques* dans le sens usuel du mot, parce que le métal les exerce indépendamment de sa charge électrique, comme les forces moléculaires; mais je n'entends pas dire par là que l'essence intime de ces forces, comme des forces moléculaires, n'est pas électrique; c'est une autre question (*Comptes rendus*, 3 décembre 1900).

([2]) Le fait de l'accumulation, étant ainsi établi sans faire intervenir les forces φ, forme une preuve de l'existence de ces forces (*Comptes rendus*, 3 décembre 1900, et *Journal de Physique,* avril 1901).

même acide et pour l'acide lui-même, et très différente au contraire pour les divers sels d'un même métal ou pour les divers acides (1).

Depuis lors, le cas inverse a été découvert avec les bases organiques fortes (ammoniums quaternaires, etc.) et leurs sels d'acides inactifs (2). Pour ces corps, la courbe électrocapillaire ne dépend que du cathion; elle est la même pour la base et ses divers sels. Les forces φ agissent ici sur les cathions, la surface mercure-électrolyte est le siège des mêmes couches que tout à l'heure, mais de signe opposé, et, au maximum, le mercure est positif par rapport à l'électrolyte.

Ces deux effets opposés, prévus par la considération des forces φ, sont absolument d'accord avec les déplacements du maximum suivant l'axe des potentiels, que montrent les courbes électrocapillaires.

Examinons maintenant le cas où les forces φ s'exercent sur les molécules du corps dissous et non sur les ions. L'expérience montre que ce cas est réel, car la courbe électrocapillaire d'un électrolyte inactif est profondément modifiée par l'addition d'une petite quantité d'un corps organique neutre A, et sensiblement de la même manière quel que soit l'électrolyte (3). Le corps A ne fournissant pas d'ions et ne modifiant pas les ions préexistants, ce sont les molécules elles-mêmes de A qui produisent ces effets, en venant s'accumuler à la surface du mercure sous l'action des forces φ.

De cette accumulation résulte l'abaissement de la tension superficielle, puisque l'attraction entre le mercure et la solution se trouve ainsi augmentée. Il est remarquable que cette accumulation, pour la plupart des corps, varie beaucoup avec la valeur de l'excès Δ du potentiel du mercure sur celui de la masse de la solution, et même, dans le cas fréquent des courbes à troncature, qu'elle n'existe que pour les valeurs moyennes de Δ, près du sommet de la courbe électrocapillaire. Il paraît s'établir à la surface mercure-électrolyte un équilibre complexe, où interviennent les ions de l'électrolyte et les molécules de A qui, dans une certaine mesure, s'excluent

---

(1) *Sur la fonction électrocapillaire*, 1re Partie (*Annales de Chimie et de Physique*, 1903). Cette relation montre qu'on ne doit pas chercher dans l'absorption du cathion par le mercure l'explication des particularités que j'ai signalées dans les courbes électrocapillaires de ces corps.

(2) *Sur la fonction électrocapillaire*, 3e Partie (*Annales de Chimie et de Physique*, 1906).

(3) *Sur la fonction électrocapillaire*, 2e Partie (*Annales de Chimie et de Physique*, 1906).

mutuellement, car, la troncature formant plus ou moins un palier, la capacité électrique y est faible. Aux extrémités de la courbe électrocapillaire, les forces électriques sont prépondérantes et les ions forment leur couche ordinaire en éloignant les molécules de A ; au milieu de la courbe, les ions, moins attirés, sont supplantés par les molécules sollicitées par les forces φ. Le passage d'un régime à l'autre se fait, pour certains corps, presque subitement et forme une sorte de point critique dépendant de la concentration.

Avec d'autres corps, les molécules et les ions ne semblent pas s'influencer, et l'effet du corps A est constant (acides aminés); enfin tous les cas intermédiaires sont réalisés avec de nombreuses variantes, et les ions des deux signes agissent souvent d'une manière différente.

La forme de la courbe modifiée par le corps A montre que, au maximum, Δ est souvent fort différent de zéro, ce qui indique que l'accumulation des molécules produit l'effet d'une couche électrique double, comme le ferait, par exemple, une couche de molécules prise dans une tourmaline normalement à l'axe. En voici une explication admissible. Les forces φ, s'exerçant presque au contact, doivent tendre en général à orienter les molécules si elles n'ont pas de centre de symétrie. Pour que cette couche de molécules orientées agisse comme une couche électrique double, il suffit que la molécule possède un moment électrique, c'est-à-dire deux pôles électriques distincts, définis du reste comme les pôles d'un aimant. Or c'est ce qui résulte des idées actuelles sur les molécules, considérées comme des groupements de corpuscules électrisés.

Si les molécules tournent leur pôle + du côté du mercure, on aura $\Delta > 0$ au maximum électrocapillaire. C'est le cas le plus fréquent (alcools, éthers, etc.). Si les molécules tournent leur pôle − du côté du mercure, on aura $\Delta < 0$ (phénols, etc.). Avec certains corps (glycérine, sucres, etc.), les molécules ne paraissent pas orientées, ou bien leur moment est négligeable, de telle sorte qu'au maximum $\Delta = 0$.

Remarquons enfin qu'il faut tenir compte des attractions exercées par le métal sur les molécules du dissolvant [1] aussi bien que sur celles du corps

---

[1] On peut se demander si l'eau elle-même ne donne pas lieu à la formation d'une couche moléculaire orientée jouant le rôle d'une couche électrique double. S'il en était ainsi, la valeur de Δ au maximum électrocapillaire avec l'eau pure serait différente de zéro, et ce que nous avons dit plus haut sur le signe de Δ pour les diverses solutions aqueuses subirait quelques modifications. Il ne paraît pas utile pour le moment de s'arrêter à cette hypothèse.

dissous, et aussi des volumes occupés par elles, en sorte que les forces φ expriment une action différentielle ou résultante. Si les premières de ces molécules sont plus attirées que les secondes (eu égard à leur volume), la force φ sera répulsive et il y aura appauvrissement de la solution au contact du mercure. Dans ce cas, la tension superficielle maximum est plus grande pour la solution que pour l'eau pure, ce qu'on observe avec quelques sels minéraux (sulfates, phosphates, etc.) en solutions concentrées [1].

NOMINATIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, au choix d'un Membre de la Section d'Astronomie, en remplacement de M. *J. Janssen*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre des votants étant 59,

M. Maurice Hamy obtient	....	29 suffrages
M. Pierre Puiseux	»	29 »
M. Andoyer	»	1 »

Au second tour de scrutin, le nombre des votants étant 59,

M. Maurice Hamy obtient	....	31 suffrages
M. Pierre Puiseux	»	28 »

M. **Maurice Hamy**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Plusieurs Volumes du Bulletin et de l'Annuaire et divers Mémoires

(1) En Chimie minérale, les forces φ (attractives) existent avec les molécules des acides oxygénés en solutions concentrées et font qu'ils se comportent alors un peu autrement que leurs sels.

publiés par la *Station séricicole du Caucase*. (Offerts par M. N. Schawrof, Directeur de la Station.)

2° *Nuove notizie storiche sulla vita e sulle opere di Macedonio Melloni*, par M. J. Guareschi. (Présenté par M. A. Haller.)

3° *Observatoire Jarry-Desloges, temporairement au Revard. Observations des surfaces planétaires : la Lune; Mars; Jupiter; Saturne; Mercure*. (Présenté par M. Bigourdan.)

4° La *Carte géologique internationale de l'Amérique du Nord*, par Emm. de Margerie.

5° *Dynamique appliquée*, par Léon Lecornu.

ASTRONOMIE. — *Détermination, à l'Observatoire de Paris, des erreurs systématiques des reproductions des réseaux de la Carte du ciel*. Note de M. **Jules Baillaud**, présentée par M. B. Baillaud.

M. Pr. Henry a montré comment on peut déterminer les coordonnées rectangulaires des quatre sommets d'un réseau qui est à peu près un carré en mesurant les différences de longueurs des côtés et les différences de longueurs des diagonales. La connaissance de la courbure des traits et la comparaison de leurs intervalles successifs permettent d'interpoler les coordonnées de leurs points d'intersection entre celles des quatre sommets.

Cette étude a presque toujours été faite sur le réseau original. Cependant celui-ci, pendant l'impression, étant maintenu à $0^{mm},1$ de la couche sensible, il n'est pas sûr que son image latente lui soit identique. MM. Bohlin, Küstner, Luddendorf, Monnichmeyer ont, en effet, trouvé entre le réseau et son image des différences systématiques sensibles. C'est donc l'image latente sur le cliché qu'il faudrait étudier. Malheureusement, le développement peut introduire des déformations accidentelles de la couche sensible qu'on ne peut éliminer des résultats que par la mesure d'un très grand nombre de reproductions ; le travail serait si considérable et si incertain qu'il n'a jamais été entrepris ; les savants déjà cités se sont bornés à l'étude de quelques traits. D'autre part, l'étude du réseau ou de ses reproductions nécessite l'emploi d'une machine de mesure ayant une vis micrométrique très longue, ou de comparateurs spéciaux qui ne sont pas en la possession de tous les observatoires ; elle est, dans les deux cas, entachée d'une grande cause d'erreurs : la dilatation de la machine pendant les mesures. Tous les auteurs qui ont publié sous une forme un peu étendue leurs études de réseaux ont tenu compte de cette variation de température, mais l'incertitude de la correction appliquée est d'autant plus regrettable qu'elle est de l'ordre même des erreurs cherchées.

La méthode que je propose a l'avantage de supprimer l'influence des variations de température et permet d'étudier l'image latente de la reproduction du réseau sans être gêné par les déformations de la gélatine produites par le développement. Son principe est de photographier côte à côte, sur la même plaque, les longueurs à comparer, et cela en se plaçant dans les conditions ordinaires de l'impression des réseaux, de façon que les déformations qui peuvent se produire dans la projection de l'image sur la couche sensible restent les mêmes. On s'arrange pour que les deux traits à comparer soient bien parallèles et soient décalés de quelques dixièmes de millimètre l'un par rapport à l'autre. Il suffit alors de mesurer les petites longueurs qui débordent aux deux extrémités. On peut admettre que les déformations de la gélatine sont négligeables dans des étendues aussi faibles et que les dilatations de la machine pendant les mesures sont sans influence. Néanmoins, il faut prendre de grandes précautions pour que le réseau et le cliché restent à la même température pendant la durée des deux impressions. On dispose pour juxtaposer deux traits de tous les déplacements qu'on peut donner à la plaque dans le châssis à réseau : rotation de 90° et de 180° et translation de 7^{mm} ou 8^{mm}; on peut aussi faire des comparaisons qui auraient été impossibles sur la plaque entière en la découpant en bandes. Deux images du même trait, obtenues en retournant la plaque de 180°, permettent d'en déterminer le milieu et la flèche.

Le choix des photographies à faire dépend de la disposition intérieure du châssis à réseau et de ses dimensions. Dans une autre publication nous donnerons l'exposé des opérations faites pour l'étude d'un des réseaux de l'Observatoire de Paris.

Disons seulement qu'à l'aide d'un cliché, sur lequel se trouve imprimé un réseau, on détermine les dimensions des cales latérales auxiliaires qui doivent maintenir, dans le châssis à réseau, le cliché ou le morceau de cliché dans la position voulue; on ajuste le cliché et l'on attend avant l'impression un temps assez long pour qu'on soit sûr que l'équilibre de température est atteint. On s'arrange pour que l'ajustage nécessaire pour la seconde impression soit tout à fait facile, afin qu'il puisse se faire en quelques secondes, et que l'opérateur n'ait à toucher le cliché que le moins possible. Lorsqu'on veut imprimer un trait sur une bande de cliché étroite, il peut se faire que les quatre cales inférieures, qui maintiennent la couche sensible à quelque distance du réseau, soient trop écartées pour cette bande. On est donc obligé d'introduire des cales auxiliaires; mais il est nécessaire que ces cales aient une épaisseur telle que leurs surfaces supérieures soient dans le même plan que celles des cales fixes. On y arrive rigoureusement, en faisant couler une goutte de cire à cacheter sur l'endroit où l'on veut placer la cale, et en l'écrasant avec une glace jusqu'à ce que celle-ci repose sur les quatre cales fondamentales.

Cette méthode a été appliquée à l'un des réseaux de l'Observatoire. Les erreurs à déterminer atteignent 3^{μ}, et les résultats donnés par plusieurs clichés concordent à $0^{\mu},5$ près. C'est l'ordre de grandeur même des grains d'argent et par suite des irrégularités qu'ils produisent sur le bord des traits. On pourrait sans doute augmenter la précision apparente des résultats en employant des plaques à grains plus fins, au collodion ou au citrate, mais il n'est pas sûr que les erreurs systématiques restent les mêmes. Il nous a semblé que, lorsqu'on augmente la durée d'impression, l'image des traits s'élargit dissymétriquement.

Lorsqu'on possède un réseau dont on a étudié par la méthode précédente les images latentes, on peut déterminer simplement les erreurs d'un second réseau par rapport à celles du premier, en juxtaposant sur la même plaque, très légèrement décalées l'une par rapport à l'autre, les images des deux réseaux.

GÉOMÉTRIE. — *Applicabilité et modes divers de représentation des surfaces à lignes de courbure confondues.* Note de M. **L. Raffy**.

I. Les surfaces (O_k) à lignes de courbure confondues, ayant même courbure totale tout le long de leurs génératrices rectilignes isotropes (voir *Comptes rendus*, p. 461 de ce Volume), rentrent dans la classe plus générale des surfaces (K_m) dont la courbure totale K ne dépend que de l'un des paramètres des lignes minima et pour lesquelles, en vertu de cette propriété même, les deux paramètres différentiels $\Delta_1 K$ et $\Delta_2 K$ sont identiquement nuls. Les surfaces (K_m) mettent donc en défaut la théorie classique de l'applicabilité, fondée sur l'emploi de ces paramètres différentiels. Mais, laissant de côté celles de ces surfaces dont la courbure totale est constante, on peut, par des opérations purement algébriques, rapporter toute surface (K_m) à ses lignes d'égale courbure ($v =$ const.) et à une autre famille de courbes, d'ailleurs quelconque; on n'a plus alors qu'à effectuer une quadrature de différentielle ordinaire pour donner à l'élément linéaire la forme

$$ds^2 = 2\,du\,dv + (vu^2 + V)\,dv^2,$$

où v représente la courbure totale et V une fonction déterminée de v. Il suit immédiatement de là que *toute surface dont la courbure totale ne dépend que de l'un des paramètres des lignes minima est applicable sur une infinité de*

surfaces à génératrices isotropes. De plus, si une autre surface (K_m) a comme élément linéaire

$$ds_1^2 = 2\,du_1\,dv_1 + (v_1 u_1^2 + V_1)\,dv_1^2,$$

pour l'appliquer sur la surface d'élément linéaire ds^2, on devra prendre $v_1 = v$; on trouve alors que u_1 doit être égal à u et l'on arrive à l'unique condition $V_1(v) = V(v)$, qui est nécessaire et suffisante. On pourra donc toujours, en procédant de la sorte, reconnaître si deux surfaces (K_m) sont applicables l'une sur l'autre.

II. Pour rapporter les surfaces (O_k) à leurs lignes de longueur nulle ($\alpha =$ const., $\beta =$ const.), j'emploie les formules qui dérivent de l'analyse par laquelle O. Bonnet a obtenu l'équation aux dérivées partielles des surfaces admettant l'élément linéaire $4\varphi^2(\alpha, \beta)\,d\alpha\,d\beta$. A l'aide de ces formules, pour lesquelles je renverrai à mes *Recherches sur les surfaces isothermiques* (*Ann. de l'Éc. Norm. sup.*, 1905 et 1906), on établit que *les surfaces* (O_k) *font partie des surfaces dont l'élément linéaire devient celui d'une sphère de rayon* 1 *quand on le multiplie par le carré de la courbure moyenne.* Or les surfaces qui jouissent de cette propriété, et parmi lesquelles figurent six variétés importantes de surfaces isothermiques, ont toutes été déterminées dans le second des Mémoires précités (p. 407-409). Si l'on particularise les formules générales de manière qu'elles représentent les surfaces (O_k), on obtient, pour les coordonnées de ces surfaces, les expressions suivantes :

$$x + iy = -\frac{A^2}{\alpha+\beta} + \int A'^2\,d\alpha, \qquad x - iy = -\frac{A_1^2}{\alpha+\beta} + \int A_1'^2\,d\alpha,$$
$$iz = -\frac{AA_1}{\alpha+\beta} + \int A'A_1'\,d\alpha,$$

où A et A_1 sont des fonctions arbitraires de α, dont A' et A_1' sont les dérivées. L'élément linéaire est

$$ds^2 = (AA_1' - A'A_1)^2(\alpha+\beta)^{-2}\,d\alpha\,d\beta.$$

Si l'on cherche dans quel cas il est réductible à la forme harmonique (forme de Liouville), on reconnaît que la courbure totale doit être constante. Dans un travail antérieur (*Ann. de la Fac. des Sc. de Toulouse*, t. IX, 1895), j'ai prouvé que *toute surface harmonique réglée est applicable sur une surface de révolution ou sur une quadrique;* mais j'ai laissé de côté les surfaces à génératrices isotropes : d'après le résultat qui précède, la proposition est vraie sans aucune restriction.

III. Nous nous proposerons encore de rapporter les surfaces (O_k) à leurs lignes asymptotiques. Pour avoir, à l'aide des formules de M. Lelieuvre,

$$dx = (mn'_u - nm'_u)\,du - (mn'_v - nm'_v)\,dv,$$
$$dy = (nl'_u - ln'_u)\,du - (nl'_v - ln'_v)\,dv,$$
$$dz = (lm'_u - ml'_u)\,du - (lm'_v - ml'_v)\,dv,$$

des surfaces réglées dont les lignes $u =$ const. soient les génératrices, il faut, comme l'a établi M. Goursat (*Bull. de la Soc. mathém.*, t. XXIV, 1896), prendre

$$l = \frac{2U_1}{u-v} - U'_1, \qquad m = \frac{2U_2}{u-v} - U'_2, \qquad n = \frac{2U_3}{u-v} - U'_3,$$

les U_i désignant trois fonctions arbitraires de u, dont les U'_i sont les dérivées. Dans le cas des surfaces (O_k), la courbure totale ne dépend que du paramètre u; d'après la formule bien connue qui exprime la courbure totale d'une surface rapportée à ses asymptotiques, on devra avoir

$$l^2 + m^2 + n^2 = \frac{4\Sigma U_i^2}{(u-v)^2} - \frac{4\Sigma U_i U'_i}{u-v} + \Sigma U_i'^2 = \varphi(u),$$

ce qui entraîne visiblement la condition nécessaire et suffisante

$$\Sigma U_i^2 = U_1^2 + U_2^2 + U_3^2 = 0.$$

On n'aura donc qu'à poser

$$U_1 + iU_2 = U^2, \qquad U_1 - iU_2 = -U_0^2, \qquad U_3 = UU_0,$$

ce qui donnera

$$l^2 + m^2 + n^2 = (UU'_0 - U_0U')^2.$$

Je n'insisterai pas sur la représentation qu'on obtient ainsi pour les surfaces (O_k). Son intérêt principal consiste, en ce qu'elle fait connaître un exemple nouveau de surfaces très générales, présentant un réseau conjugué *persistant*.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'application d'un procédé alterné au problème biharmonique.* Note de M. S. ZAREMBA, présentée par M. Émile Picard.

Dans certains cas, comme, par exemple, dans celui où il s'agit de déter-

miner la figure d'équilibre d'une plaque élastique encastrée, le problème biharmonique peut être énoncé de la façon suivante :

Déterminer une fonction w, biharmonique à l'intérieur d'un domaine donné (D), *de façon que les valeurs périphériques de cette fonction, ainsi que celles de ses dérivées du premier ordre, coïncident avec les éléments analogues relatifs à une fonction donnée* φ.

Bornons-nous, pour plus de simplicité, au cas du plan et posons

$$v = \Delta w.$$

Sauf quelques restrictions d'une nature extrêmement générale, la détermination de la fonction v, et, par conséquent, celle de la fonction w elle-même, dépend alors d'un problème que j'appellerai *problème intermédiaire* et dont voici l'énoncé :

Étant donnée une fonction ψ, *telle que l'intégrale*

(1) $$\int_{(D)} \psi^2 \, d\tau,$$

où $d\tau$ *représente l'élément d'aire, ait un sens, déterminer une fonction* v, *harmonique à l'intérieur du domaine* (D), *telle que l'intégrale*

$$\int_{(D)} v^2 \, d\tau$$

ait une valeur finie et telle, en outre, que, pour toute fonction h, *harmonique à l'intérieur du domaine considéré, on ait*

$$\int_{(D)} v h \, d\tau = \int_{(D)} \psi h \, d\tau,$$

pourvu que l'intégrale

$$\int_{(D)} h^2 \, d\tau$$

ne soit pas dépourvue de signification.

On démontre facilement, *a priori*, que le problème précédent admet au plus une seule solution.

Pour le cercle, la solution du problème intermédiaire est immédiate.

Sachant résoudre ce problème pour chacun des deux domaines (D_1) et (D_2) ayant des points intérieurs communs, on peut aussi le résoudre pour le domaine (D) formé par l'ensemble des points dont chacun est intérieur à l'un au moins des domaines (D_1) et (D_2); on obtient ce résultat par une méthode que j'appellerai *procédé alterné*, à cause de son analogie avec la méthode bien connue de M. Schwarz pour le problème de Dirichlet.

Considérons maintenant, dans le plan, un domaine (D) ne s'étendant pas à l'infini et ayant une aire bien déterminée; envisageons en outre une fonction donnée ψ quelconque, à cela près que l'intégrale (1) ait un sens. Il sera possible de former une suite infinie de cercles

$$(C_1),\quad (C_2),\quad (C_3),\quad \ldots$$

intérieurs au domaine (D) et tels que tout point, intérieur à ce domaine, soit aussi intérieur à l'un au moins des cercles précédents. Désignons par (D_n) le domaine formé par l'ensemble des points, tels que chacun d'eux soit intérieur à l'un au moins des cercles

$$(C_1),\quad (C_2),\quad \ldots,\quad (C_n),$$

et envisageons une suite infinie, dont le premier terme ψ_0 coïncide avec la fonction donnée ψ, le terme général ψ_n se déduisant du terme ψ_{n-1} de la façon suivante : à l'intérieur du domaine (D_n), la fonction ψ_n coïncide avec la fonction harmonique qui, pour ce domaine et par rapport à la fonction ψ_{n-1}, représente la solution du problème intermédiaire; dans le reste du domaine (D), on a

$$\psi_n = \psi_{n-1}.$$

L'application du procédé alterné permettra de prolonger la suite

$$(2)\qquad \psi_0,\quad \psi_1,\quad \psi_2,\quad \ldots$$

aussi loin qu'on le voudra. Pour certaines valeurs de n, le domaine (D_n) pourrait se composer de plusieurs régions séparées, mais cela ne gênerait en rien.

Cela posé, il est possible de prouver que la suite (2) sera uniformément convergente dans tout domaine *intérieur* au domaine (D), et qu'elle aura pour limite la fonction v qui représente, pour le domaine (D) et par rapport à la fonction ψ, la solution du problème intermédiaire.

L'extension à l'espace de la théorie précédente n'offre pas de difficultés.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Remarque relative à ma Note sur les équations différentielles d'un corpuscule électrisé dans un champ magnétique.* Note de M. **Carl Störmer.**

Dans une Note précédente [1] j'ai indiqué des cas de réduction des équations différentielles de la trajectoire d'un corpuscule électrisé dans un champ magnétique. En effet, en conservant les notations y employées, j'ai fait voir que, si les m_{ik} sont des fonctions de q_2 et q_3 seuls et si de plus $-R_2$ et R_3 sont les dérivées partielles par rapport à q_3 et q_2 d'une fonction Φ de q_2 et q_3, on peut effectuer une intégration première.

J'ai alors supposé Φ indépendant de q_1; en tenant compte de cette circonstance, on réduira davantage la condition (IV) trouvée dans ma Note; en effet, on aura alors $\frac{\partial R_2}{\partial q_1} = 0$ et $\frac{\partial R_3}{\partial q_1} = 0$, ce qui, joint à la condition (IV), donne le système

$$M_{11}\frac{\partial^2 V}{\partial q_1^2} + M_{12}\frac{\partial^2 V}{\partial q_1\,\partial q_2} + M_{13}\frac{\partial^2 V}{\partial q_1\,\partial q_3} = 0,$$
$$M_{21}\frac{\partial^2 V}{\partial q_1^2} + M_{22}\frac{\partial^2 V}{\partial q_1\,\partial q_2} + M_{23}\frac{\partial^2 V}{\partial q_1\,\partial q_3} = 0,$$
$$M_{31}\frac{\partial^2 V}{\partial q_1^2} + M_{32}\frac{\partial^2 V}{\partial q_1\,\partial q_2} + M_{33}\frac{\partial^2 V}{\partial q_1\,\partial q_3} = 0.$$

Comme le déterminant des M_{ik} n'est pas nul, cela exige que

$$\frac{\partial^2 V}{\partial q_1^2} = 0, \qquad \frac{\partial^2 V}{\partial q_1\,\partial q_2} = 0, \qquad \frac{\partial^2 V}{\partial q_1\,\partial q_3} = 0,$$

d'où

$$\frac{\partial V}{\partial q_1} = a,$$

et

$$V = aq_1 + W(q_2, q_3),$$

où a est une constante et où $W(q_2, q_3)$ est fonction de q_2 et q_3 seuls.

En combinant cela avec une recherche de M. Levi-Cività sur les transformations infinitésimales de l'équation de Laplace, on trouve toutes les formes que peut avoir la fonction W, ainsi que les systèmes de coordonnées curvilignes q_1, q_2, q_3 correspondantes.

---

[1] *Comptes rendus* du 2 mars 1908.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur les gaz provenant des étincelles électriques.* Note de M. M. DE BROGLIE, transmise par M. Mascart.

MM. de Watteville et Hemsalech ont récemment découvert et décrit (¹) un procédé nouveau et remarquable pour obtenir les spectres de flamme en admettant, dans un brûleur à gaz, de l'air provenant d'étincelles condensées. Je me suis proposé d'examiner l'état du gaz produit dans ces conditions au point de vue de l'ionisation et des poussières en suspension; l'air étudié est bien desséché et filtré, puis passe sur une étincelle petite et peu condensée pour éviter l'arrachement de grosses particules et la vaporisation excessive des électrodes.

Avec tous les métaux examinés, le gaz s'est présenté comme renfermant :

1° Des ions de faible mobilité (pour le platine par exemple, la mobilité était bien définie à 10^{μ} par seconde dans un champ de 1 volt par centimètre); M. Langevin a signalé (²) la présence de centres analogues dans les aigrettes;

2° Des centres neutres susceptibles de se transformer en ions de faible mobilité par exposition au radium ou aux rayons de Röntgen et donnant aux gaz qui les renferment une aptitude exceptionnelle à s'ioniser par barbotage;

3° Des poussières ténues visibles dans le faisceau d'un arc; ces poussières très différentes d'aspect suivant le métal sont particulièrement abondantes avec le sodium, le thallium, le bismuth; dans le cas du thallium, par exemple, les particules faciles à voir avec un grossissement modéré sont d'une grosseur assez homogène, franchement ultramicroscopiques et présentent un mouvement brownien caractérisé; elles tombent lentement.

Ces poussières sont en partie électrisées, elles constituent vraisemblablement le principal véhicule de la réaction spectrale.

Les particules provenant du sodium grossissent rapidement et deviennent des gouttelettes quand l'air est humide.

Les gaz qui ont barboté dans l'eau pure ne présentent pas de nuage visible dans le faisceau d'un arc (quand il n'y a pas pulvérisation grossière

---

(¹) *Comptes rendus*, t. CXLIV, 1ᵉʳ sem., 1907, p. 1338, et t. CXLV, 2ᵉ sem., 1907, p. 1266.

(²) *Soc. Phys.*, 1905.

du liquide), mais on en aperçoit un dès que des traces salines sont introduites; on sait qu'on peut aussi obtenir de beaux spectres de flammes par ce moyen.

PHYSIQUE. — *Sur les spectres d'absorption des cristaux de terres rares et leurs modifications dans un champ magnétique aux températures de liquéfaction et de solidification de l'hydrogène.* Note de MM. **Jean Becquerel** et **H. Kamerlingh Onnes**, présentée par M. Henri Poincaré.

L'un de nous (¹) a précédemment étudié les phénomènes magnéto-optiques dans divers composés de terres rares, et l'influence des variations de température sur l'absorption entre +100° et —190°. Au Laboratoire cryogène de l'Université de Leyde, nous avons pu observer jusqu'à — 259° (solidification de l'hydrogène) (²) les spectres des cristaux et leurs variations dans un champ magnétique. Nous nous bornerons, dans la présente Note, à donner un premier aperçu de l'ensemble des phénomènes (³).

Dispositif. — Les lames cristallines, enchâssées dans une petite plaque de platine à l'extrémité d'une tige de verre, sont placées à l'intérieur d'un tube à enceinte de vide non argenté. Ce tube, dans lequel on verse de l'hydrogène liquide, est entouré d'un second tube renfermant de l'air liquide. L'ensemble des deux tubes possède une partie étroite qui pénètre entre les pôles, distants de 8^{mm}, d'un électro-aimant. Le tube à hydrogène est maintenu par un collier de caoutchouc dans un chapeau en argentan muni de trois tubulures. Dans l'une de ces tubulures passe la tige supportant le cristal; les deux autres tubulures servent à l'introduction et au dégagement de l'hydrogène.

Influence des variations de température sur les spectres d'absorption. — 1° On sait que les bandes deviennent plus fines lorsqu'on abaisse la température. L'étude de la dispersion anomale auprès de quelques bandes de la tysonite avait montré que, jusqu'à la température de — 190°, la largeur de ces bandes varie proportionnellement à la racine carrée de la température

(¹) Jean Becquerel, *Le Radium*, t. IV, n° 2, p. 49; n° 3, p. 103; n° 9, p. 328; n° 11, p. 383 (1907), et t. V, n° 1, p. 5 (1908).

(²) H. Kamerlingh Onnes, *Meth. and app. used in cryog. Lab. at Leiden. X Proc. Roy. Soc. Amst.* (Mai 1906), *Comm. fr. the physic. Laborat. at Leiden*, n° 94.

(³) Jean Becquerel et H. Kamerlingh Onnes, *Kon. Akad. v. Wetens. te Amsterdam*, 29 février 1908.

absolue. Si l'on abaisse la température jusqu'à — 259°, on constate que la plupart des bandes ne suivent plus une loi aussi simple et se rétrécissent de moins en moins. Deux bandes du xénotime sont même plus floues à — 259° qu'à — 253° et paraissent bien avoir passé par un *minimum de largeur*. Il subsiste toutefois un certain nombre de bandes dont la largeur continue à diminuer, jusqu'à — 259°, à peu près suivant la loi établie jusqu'à — 190°.

2° On a vu précédemment que presque toutes les bandes d'absorption des composés de terres rares sont, à la température de l'air liquide, beaucoup plus intenses qu'à la température ordinaire. L'augmentation d'intensité résulte à la fois du rétrécissement et d'un accroissement de l'énergie totale absorbée. Aux températures plus basses, on observe qu'un grand nombre de bandes, qui avaient donné lieu à une absorption croissante entre + 20° et — 190°, ont, au contraire, considérablement diminué d'intensité; certaines ont même disparu à — 259°.

Il existe donc, pour chacune de ces bandes, une température à laquelle l'absorption passe par un maximum.

Il est probable que ce fait est général et que les rares bandes pour lesquelles l'absorption diminue à partir de la température ordinaire, par l'effet du refroidissement, possèdent leur maximum à haute température. D'autres bandes, au contraire, continuent à augmenter d'intensité entre — 190° et — 259°; il est à présumer qu'elles passeraient par un maximum au-dessous de 14° absolus. Parmi ces bandes se trouvent celles qui apparaissent par refroidissement; elles constituent un *spectre de basse température*, à peu près invisible à la température ordinaire.

Le phénomène du maximum d'absorption semble devoir être rapproché de l'existence probable, à très basse température, d'un maximum de conductibilité des métaux (¹).

Phénomènes magnéto-optiques : *I. Vibrations circulaires dans les cristaux uniaxes.* — L'axe optique d'un cristal uniaxe (xénotime, tysonite, parisite, apatite, etc.) étant orienté parallèlement au champ magnétique et au faisceau lumineux, si l'on analyse simultanément les spectres de deux vibrations circulaires inverses, on observe les phénomènes suivants :

1° L'écart des bandes d'absorption des vibrations droites et gauches,

(¹) H. Kamerlingh Onnes, *Communic. fr. the physic. Laborat. at. Leiden.* Suppl. n° 9, 1904, p. 25 et suiv. — H. Kamerlingh Onnes and J. Clay, *Proc. Roy. Soc. Amsterdam,* juin 1906 et juin 1907. *Comm. Leiden,* n°s 95^c, 95^d, 99^c.

dans un même champ magnétique, reste invariable jusqu'à — 259°. Les changements de fréquence, sous l'action du magnétisme, des systèmes oscillants, sont donc, au moins en première approximation, indépendants des mouvements thermiques, de l'intensité et de la largeur des bandes, ainsi que des propriétés paramagnétiques de la substance; ils paraissent être la cause première du diamagnétisme.

L'invariabilité des changements de fréquence apporte un solide appui à l'hypothèse des *électrons positifs*. Si, en effet, les bandes dont les déplacements sont de sens opposé au sens du phénomène de Zeeman étaient dues à des électrons négatifs, il faudrait supposer que ces électrons vibrent dans un champ magnétique de sens opposé au champ extérieur, et il est difficile d'admettre que ce champ interne puisse être tout à fait indépendant de la température.

Les résultats précédemment obtenus pour la polarisation rotatoire magnétique dans les cristaux ont été confirmés et étendus (¹).

2° Aux très basses températures, on observe pour presque toutes les bandes du xénotime et de l'apatite, ainsi que pour une bande de la tysonite, une *dissymétrie d'intensité entre les composantes correspondant aux deux vibrations circulaires*. Cet effet avait déjà été observé à — 190° et, à cette température, n'avait paru soumis à aucune règle. A — 253° et — 259°, la composante située du côté des petites longueurs d'onde augmente d'intensité aux dépens de l'autre composante. La dissymétrie est d'autant plus forte que la température est plus basse et que le champ est plus intense. Une seule bande, dans le xénotime, donne un effet de sens inverse.

Ces dissymétries, observées lorsque le faisceau est parallèle au champ, ne sont expliquées par aucune des théories actuelles.

Il semble que la stabilité des systèmes oscillants varie rapidement, à très basse température, dès que la période est légèrement modifiée. Ces phénomènes sont peut-être de nature à apporter quelque lumière sur l'explication du magnétisme, car des variations de stabilité, introduisant une dissymétrie entre les mouvements de sens opposés, peuvent être l'origine du paramagnétisme.

II. *Cristaux biaxes; variation de l'inertie des systèmes oscillants avec la direction du mouvement.* — Dans certains cristaux (sulfates de néodyme et de praséodyme), on rencontre des bandes qui, à — 253° et — 259°, se

(¹) JEAN BECQUEREL, *Le Radium*, t. V, 1908, p. 13. — JEAN BECQUEREL et H. KAMERLINGH ONNES, *loc. cit.*

résolvent en groupes de raies extrêmement fines. Ces raies occupent sensiblement la même place dans les trois spectres principaux. Désignons par 1, 2, 3 les directions principales du cristal; nous pouvons placer successivement ces directions parallèlement au champ magnétique; nous avons alors respectivement les vibrations 2 et 3, 1 et 3, 1 et 2, orientées normalement au champ. L'expérience montre que, dans le premier cas, les raies des spectres 2 et 3, *les deux vibrations étant liées ensemble par l'effet du champ qui leur est perpendiculaire*, donnent un même doublet magnétique. Dans le deuxième cas, 1 et 3 donnent aussi un même doublet, *mais ce doublet est différent du premier*. Enfin 1 et 2, dans le troisième cas, donnent un nouveau doublet différent des deux autres.

L'écart des composantes de ces doublets est, en première approximation, le même lorsque le faisceau est parallèle au champ, ou lorsqu'il est dirigé suivant l'une des directions principales normales au champ.

Enfin les trois vibrations 1, 2, 3, orientées parallèlement au champ, donnent encore trois nouveaux doublets qui, à première vue, ne paraissent pas avoir de relations entre eux ni avec les doublets des vibrations normales au champ.

Si l'on admet que l'absorption est due à des électrons soumis à une force quasi-élastique, on est conduit aux conclusions suivantes :

1° La masse de ces électrons dépend de la direction du mouvement; la variabilité de cette masse électromagnétique pourrait résulter d'une forme ellipsoïdale de l'électron;

2° Comme les bandes ont sensiblement la même position dans les trois spectres, les trois constantes des forces quasi-élastiques sont proportionnelles aux trois masses principales.

Chacun des phénomènes résumés dans la présente Note donnera lieu à une étude approfondie sur les nombreux clichés obtenus à Leyde.

PHYSIQUE. — *Recherche de faibles quantités d'hélium dans les minéraux.* Note de M. F. **Bordas**, présentée par M. d'Arsonval.

Les méthodes généralement employées pour extraire les gaz de l'atmosphère ne sont pas applicables lorsqu'il s'agit de retrouver ces gaz dans des minerais qui ne contiennent que de très faibles quantités de gaz occlus ou combinés.

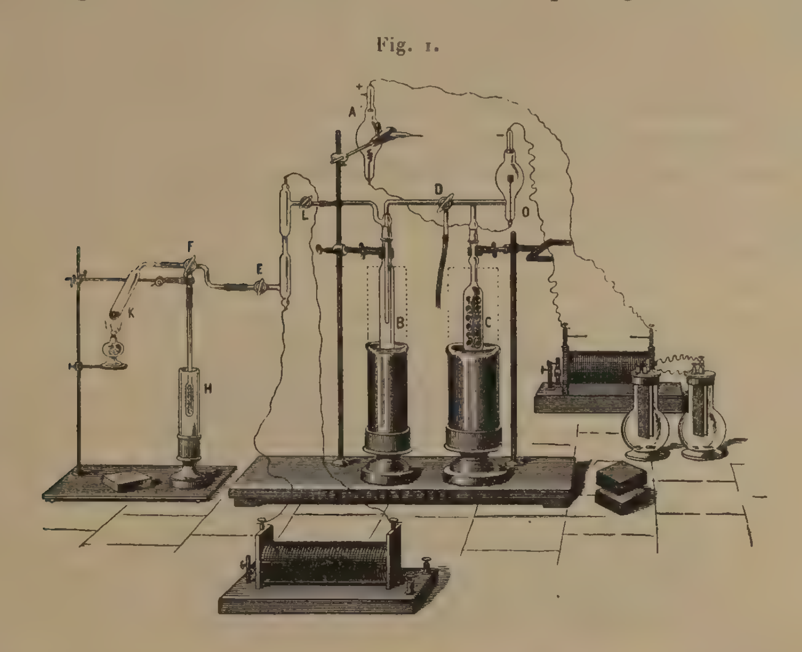
Il est nécessaire d'avoir une méthode qui vous permette de recueillir ces

traces de gaz à l'abri de toutes causes d'erreur et éviter les transvasements; il faut pouvoir enfin déterminer facilement les caractères spectroscopiques des gaz à étudier.

J'ai été conduit à imaginer une technique spéciale afin de vérifier si les corindons naturels ne dégageaient pas de l'oxygène par exemple, sous l'influence de la chaleur, soit avant ou après avoir été soumis à l'action du bromure de radium.

J'ai à cet effet employé l'appareil que nous avons décrit, M. d'Arsonval et moi [1], pour faire le vide à l'aide de l'air liquide; j'y ai ajouté, comme le montre la figure, un tube de Plücker réuni d'une part, grâce à un robinet L,

Fig. 1.



à l'appareil principal, et, d'autre part, un robinet E met ce tube de Plücker en communication avec un petit matras à charbon H et un tube de quartz R.

Le matras communique avec le tube de Plücker et le tube de quartz par un robinet à trois voies F. Toutes les réunions des tubes sont faites à l'aide de caoutchouc.

Le corps à étudier est placé dans le tube de quartz; tous les robinets étant ouverts, on fait le vide en utilisant seulement le charbon refroidi contenu dans le récipient C. La vapeur est totalement condensée dans le tube B.

Lorsqu'on a dépassé le vide de Crookes, ce qui s'obtient en quelques minutes, on

---

(1) D'Arsonval et F. Bordas, *Comptes rendus*, t. CXLII, p. 1058.

ferme le robinet L et l'on plonge le petit matras H dans de l'air liquide; on fait alors passer le courant dans le tube de Plücker pour purger les électrodes en platine.

Dans ces expériences j'avais pris la précaution de plonger le tube de quartz successivement dans de la glace fondante, puis dans de l'eau à 100° et enfin dans un bain d'alliage maintenu à 300°. Il pouvait être intéressant de constater des dégagements gazeux à ces différentes températures.

En isolant le matras H à l'aide du robinet à trois voies F on commence par faire passer les gaz dégagés dans le tube de Plücker, puis on examine au spectroscope. On obtient généralement des mélanges gazeux qu'on sépare par une sorte de fractionnement en les faisant absorber par le matras à charbon H.

J'ai observé que, d'une façon générale, les gaz tels que oxygène, azote, hydrogène, ne sont pas absorbés avec la même rapidité; on peut, avec un peu d'habitude, suivre cette absorption, soit en diminuant la surface de contact du charbon avec l'air liquide, soit en isolant le tube de Plücker.

L'hélium, comme l'a montré Dewar, est le moins absorbable des gaz ci-dessus mentionnés; il demeure le dernier dans le tube de Plücker.

On peut ainsi caractériser l'hélium dans des quantités infinitésimales d'un mélange gazeux complexe.

En résumé, en manœuvrant le robinet à trois voies F on puise à chaque fois une certaine quantité de gaz dans le tube de quartz. Ce mélange gazeux est examiné au spectroscope, puis absorbé par le charbon. On renouvelle l'opération jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de gaz dégagé par la matière en expérience.

C'est ainsi que j'ai constaté que le corindon blanc naturel ne dégageait aucun gaz; il en a été de même pour les corindons ayant été soumis au bombardement du bromure de radium. Enfin, un corindon jaune, fortement coloré, chauffé dans le vide jusqu'à décoloration complète, ne donne pas trace de gaz; ce corindon décoloré, maintenu dans le vide absolu, s'est coloré plus rapidement qu'à la pression ordinaire sous l'influence du bromure de radium.

En employant la technique que je viens de décrire il m'a été possible de caractériser l'hélium dans des quantités excessivement faibles de matière. J'ai reconnu la présence de ce gaz dans la naégéite du Japon, par exemple, en opérant sur 2^{cg} de produit, et dans différents zircons de faible volume.

PHYSIQUE. — *Photographie des vibrations de la voix.* Note de M. **Marage**, présentée par M. d'Arsonval.

On sait combien il est difficile d'inscrire d'une façon exacte les vibrations

de la voix : les appareils employés sont des instruments de laboratoire peu commodes à régler, et la plupart d'entre eux suppriment des vibrations et en introduisent de nouvelles. J'ai d'ailleurs étudié ces questions dans une série de Notes présentées ici même par M. Marey de 1896 à 1901.

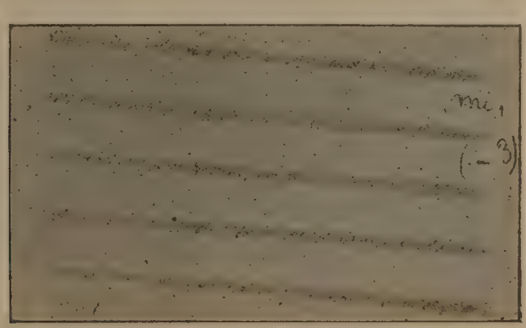
J'ai cherché à remédier à ces inconvénients en faisant construire un appareil qui permet de photographier, de développer et de fixer immédiatement les vibrations qu'une membrane mince en caoutchouc transmet à un petit miroir plan qui suit tous ses mouvements; la source lumineuse est celle dont on se sert dans le télégraphe extra-rapide présenté en novembre 1906 à la Société de Physique.

Ce dispositif permet d'économiser le papier en écrivant perpendiculairement à l'axe du papier photographique comme si l'on se servait d'écriture ordinaire.

Le papier est entraîné d'un mouvement continu par deux laminoirs parallèles et, après avoir été impressionné, il passe successivement dans deux bains de développement, puis dans un bain de fixage, où il peut séjourner plus ou moins longtemps.

Tout le système est entraîné au moyen d'un petit moteur électrique à régulateur pour que le mouvement soit bien uniforme. Les tracés que l'appareil inscrit sont exacts, et

Fig. 1.



Voyelle A chantée sur la note mi_1
(à 3 vibrations près).

à n'importe quel moment, quand on emploie les mêmes sources sonores, on retrouve les mêmes courbes.

Expérience. — On commence par déterminer la vitesse d'entraînement en inscrivant les vibrations d'un diapason à anche : chaque ligne dure à volonté $\frac{1}{n}$ de seconde, n étant égal à 2, 3, 4, 5.

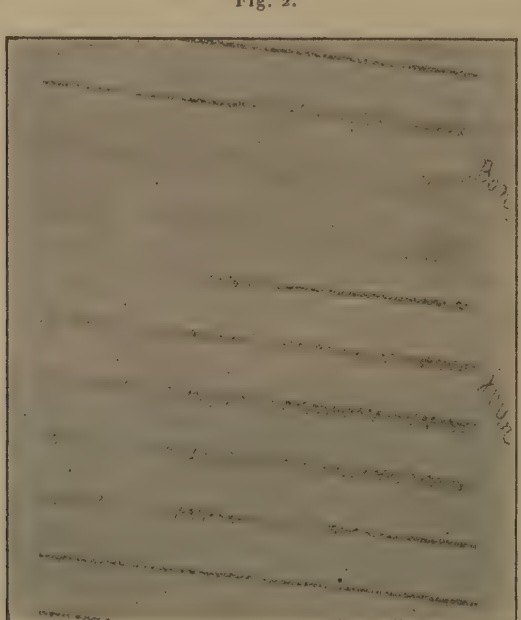
Résultats. — 1° Si chaque ligne dure une demi-seconde et si l'on emploie

l'embouchure en carton dont on se sert pour impressionner les phonographes, on obtient des tracés qui rappellent tout à fait ceux des phonogrammes.

Il faut donc aller plus vite pour dissocier les vibrations et, de plus, remplacer l'embouchure qui vibre pour son propre compte par un rebord tronconique dont les parois ne vibrent pas et qui empêchent les vibrations de glisser à la surface de la membrane.

En comparant les tracés, on comprend le rôle de l'embouchure dans les

Fig. 2.



Le mot *Bonjour*, parlé par un Français.
(Chaque ligne dure $\frac{1}{4}$ de seconde).

phonographes; elle a l'inconvénient de transformer le son, mais elle a l'avantage de donner des tracés qui pénètrent bien plus profondément dans le cylindre de cire; l'appareil parle fort, mais il parle avec moins de pureté que si l'on employait un dispositif différent.

On peut construire des embouchures qui ne transforment pas les vibrations, tout en leur conservant leur intensité.

2° On obtient pour les voyelles I, U, OU des tracés à une période, É, EU, O des tracés à deux périodes, A des tracés à trois périodes; ce sont ceux que j'ai communiqués à l'Académie en me servant d'appareils différents, ils

correspondent à ceux qu'a trouvés M. Blondel avec les oscillographes; dans le corps d'un mot on retrouve facilement les tracés de ces voyelles.

3° Un professeur de diction reconnaîtra de suite :

a. La durée de chaque voyelle;

b. La note sur laquelle elle est émise;

c. Les parties constitutives de chaque syllabe.

Pour les étrangers et les sourds-muets on aura ainsi un procédé permettant de leur faire voir leur défauts.

4° Un professeur de chant peut faire voir immédiatement à un élève qui vient de chanter une gamme sur A, par exemple :

a. S'il chante en mesure, car chaque note doit avoir la même durée et chaque repos, représenté par la ligne droite, la même longueur;

b. S'il chante juste; il suffit de compter le nombre de vibrations par ligne et de multiplier par n si chaque ligne dure $\frac{1}{n}$ de seconde;

c. Si sa voix est bonne, car les vibrations doivent avoir une amplitude constante, être régulières sans tracés en fuseaux qui indiquent que la voix est tremblée;

d. S'il a une capacité vitale insuffisante, car si le chanteur est obligé de respirer trop souvent on retrouve des moments de repos trop longs et trop fréquents;

e. S'il a de la diction; en effet, si la diction est mauvaise, on n'a aucun groupement;

f. Si la diction est bonne; chaque voyelle doit avoir son groupement caractéristique et les consonnes doivent être marquées à la place qu'elles doivent occuper;

g. Quel est le registre de la voix; on le reconnaît en cherchant la note la plus grave et la plus aiguë qu'il puisse donner;

h. S'il y a des trous dans la voix; alors les notes correspondantes sont ou trop courtes, ou tremblées, ou sans diction, ou même nulles.

Résumé. — Cet appareil, qui, une fois réglé, peut dérouler, impressionner, développer et fixer 25^{m} de papier sans qu'on ait aucune manipulation à faire, peut rendre des services à des professeurs de chant et de diction en leur permettant, non plus de faire entendre, mais de faire voir à leurs élèves les qualités et les défauts de leur voix et de constater leurs progrès.

De plus, les philologues ont, avec cet appareil, une méthode qui leur permet d'inscrire facilement des tracés de la voix parlée ou chantée en différentes langues.

PHYSIQUE. — *Sur quelques exemples de raies présentant le phénomène de Zeeman anormal dans le sens des lignes de force magnétiques.* Note de M. A. **Dufour**, présentée par M. J. Violle.

Dans deux Notes précédentes ([1]) j'ai indiqué les faits nouveaux suivants relatifs aux *spectres d'émission des vapeurs* : 1° certains *composés* produisent des spectres de *bandes* d'émission dont les arêtes sont groupées régulièrement suivant des lois simples (Deslandres, Fabry), et qui sont sensibles au champ magnétique ; 2° le phénomène de Zeeman longitudinal présente parfois le sens anormal, ce qui, comme je l'avais fait remarquer, n'avait été observé jusqu'ici, par M. Jean Becquerel, que dans l'étude des spectres d'absorption de différents sels de métaux rares cristallisés ou dissous. Je poursuis l'étude systématique de ces modifications pour divers composés, parmi lesquels ceux que j'ai déjà cités ([1]); j'en indiquerai ultérieurement les résultats.

Relativement aux *raies d'émission* des gaz et des vapeurs des éléments, on ne connaît que des exemples correspondant aux deux cas suivants : insensibilité des raies à l'action du champ magnétique ou phénomène de Zeeman longitudinal habituel. Cependant M. Wood a signalé récemment ([2]), dans le spectre cannelé d'absorption de la vapeur de sodium, l'existence de raies au voisinage desquelles le pouvoir rotatoire magnétique de la vapeur est négatif; il remarque pourtant que ce pouvoir rotatoire paraît confiné d'un seul côté de la raie d'absorption, contrairement à ce qui se passe pour les raies D, et, en tout cas, il n'a pas constaté directement sur ces raies le phénomène de Zeeman anormal.

C'est ce changement que j'ai pu constater directement sur quelques *raies* du second spectre de l'hydrogène, spectre que j'avais étudié dans un travail antérieur ([3]).

A cet effet, un tube de Geissler à hydrogène est placé entre les pièces polaires percées d'un électro-aimant, de manière à utiliser la lumière émise dans la direction des lignes de force. Le reste de l'appareil optique est identique à celui que j'ai déjà décrit ([1]). Le champ avait une valeur de 11700 unités. On a photographié la région

---

([1]) *Comptes rendus*, t. CXLVI, 1908, p. 118 et 229.

([2]) *Philos. Magaz.*, t. XV, février 1908, p. 274.

([3]) *Ann. de Ch. et de Phys.*, 8e série, t. IX, 1907, p. 361. J'avais été conduit dans ce travail à attribuer ce spectre à la molécule non dissociée.

du spectre de quatrième ordre du réseau, comprise entre $\lambda = 4340$ et $\lambda = 4770$. Dans le jaune et le vert, on s'est contenté de l'observation directe du spectre avec un oculaire.

Les résultats des mesures faites sur les clichés sont les suivants :

1° Un grand nombre de raies sont insensibles à l'action du champ magnétique. Exemples :

λ...........	4456,6	4505,7	4568,1	4579,9	4662,8	4683,8

2° De nombreuses raies présentent le phénomène de Zeeman habituel, quand la lumière se propage dans la direction des lignes de force. En voici quelques-unes ; j'indique en même temps la valeur approximative, en unités d'Angström, de l'écart des composantes pour un champ de 10000 unités :

λ.......	4412,3	4458,8	4461,0	4490,4	4498,1	4634,0	4723,0
Écart...	0,11	0,02	0,16	0,05	0,20	0,13	0,10

3° Enfin, et c'est là ce qui est important, quelques raies de ce second spectre de l'hydrogène donnent, suivant les lignes de force, le phénomène de Zeeman *anormal*. J'en signale quelques-unes, ainsi que la valeur approximative du doublet pour un champ de 10000 gauss :

λ........	4523,3	4558,3	4653,0	4667,1	4673,1	4692,1
Écart....	0,06	0,09	0,12	0,09	0,11	0,14

La comparaison des actions du champ magnétique se fait avec certitude, car on obtient sur le même cliché, en même temps, les raies des trois groupes précédents.

Je signale aussi la raie $\lambda = 5778$ qui présente le phénomène anormal, mais que je n'ai pas photographiée.

En résumé, le second spectre de l'hydrogène, dont la structure n'est pas encore dégagée, est formé de raies qui nous donnent les trois types d'effet Zeeman longitudinal observés dans les bandes obéissant à des lois simples : pas d'action du champ sur la raie, phénomène de Zeeman ordinaire ou enfin phénomène de Zeeman anormal.

Les phénomènes précédents obtenus dans l'étude des spectres des *gaz* et des *vapeurs,* à cause des conditions simples dans lesquelles ils ont été produits, contribueront peut-être à introduire la considération des électrons positifs dans les théories électroniques de la lumière, ou au moins à modifier celles-ci.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action du chlore sur le dithymol.* Note de M. **H. Cousin**, présentée par M. Guignard.

Dans une Note présentée à l'Académie (*Comptes rendus*, t. CXLVI, p. 292) par M. Hérissey et par moi, nous avons indiqué un procédé simple et commode pour la préparation du dithymol, et nous avons décrit les produits obtenus dans l'action du brome sur ce phénol. J'ai continué ces recherches et je décrirai aujourd'hui les dérivés obtenus dans l'action du chlore.

Quand on traite le dithymol $C^{20}H^{26}O^2$, en suspension dans le chloroforme, par un courant de chlore, il y a tout d'abord formation d'un dichlorodithymol $C^{20}H^{24}Cl^2O^2$; puis l'halogène, agissant comme oxydant, enlève 2^{at} d'hydrogène au dérivé chloré en formant un corps de formule $C^{20}H^{22}Cl^2O^2$ qui est une dichlorodithymoquinone; enfin, si l'action du chlore est continuée, le dérivé précédent fixe 2^{at} de chlore avec formation d'un composé de formule $C^{20}H^{22}Cl^4O^2$, dont nous verrons plus loin la constitution.

1° *Dichlorodithymol.* — $3^g,16$ de dithymol, soit 10 pour 100 du poids moléculaire de l'hydrate $C^{20}H^{26}O^2 + H^2O$, sont mis en suspension dans 30^{cm^3} de chloroforme, puis traités par une quantité de chlore légèrement supérieure à la quantité théorique; cela est facile en préparant le chlore par l'action de l'acide chlorhydrique sur le permanganate de potassium et en partant d'un poids de permanganate déterminé; on arrête le courant de chlore quand tout le dithymol est dissous et que la liqueur commence à se colorer en rouge; la solution chloroformique est alors additionnée d'une petite quantité de poudre de zinc et de solution alcoolique d'acide sulfureux, ce qui réduit la faible proportion de quinone formée, puis le chloroforme est évaporé et le résidu est purifié par plusieurs cristallisations dans l'alcool dilué et chaud. Ce dérivé chloré se présente en cristaux prismatiques, brillants, de couleur blanc faiblement jaunâtre; il est insoluble dans l'eau, soluble dans les alcalis, dans l'alcool, dans l'éther, le chloroforme et la benzine; son point de fusion est 152°-153° (corr.). Il résulte des analyses que ce corps est un dithymol dichloré ayant pour formule $C^{20}H^{24}Cl^2O^2$.

2° *Dichlorodithymoquinone.* — Ce corps se forme dans l'action du chlore sur le dérivé précédent; mais, dans ces conditions, la préparation est difficile, car il y a bientôt formation d'un dérivé plus chloré dont la séparation d'avec la quinone est difficile. C'est pourquoi, au lieu d'employer le chlore comme oxydant, j'ai utilisé le brome ajouté dans la proportion de 2^{at} pour une molécule de dichlorodithymol. A $3^g,67$ du corps précédent mis en solution dans 20^{cm^3} de chloroforme, j'ajoute goutte à goutte $1^g,60$ de brome dilué dans du chloroforme; la liqueur prend une coloration rouge foncé et l'addition d'alcool donne lieu à la formation d'un précipité cristallin, rouge foncé, qui est recueilli et purifié par cristallisation dans la benzine à chaud.

Le corps obtenu se présente sous forme d'aiguilles prismatiques, groupées en étoiles, d'une belle couleur rouge grenat foncé; il est insoluble dans l'eau et dans les alcalis, presque insoluble dans l'alcool et l'éther, peu soluble dans le chloroforme, plus soluble dans la benzine surtout à chaud. Il fond en se décomposant vers 130°-132° (corr.). Ce dérivé est complètement exempt de brome et les analyses mènent à la formule $C^{20}H^{22}Cl^2O^2$; il possède toutes les propriétés d'une quinone correspondant au dichlorodithymol; en effet, il est insoluble dans la soude; il possède une couleur rouge appartenant à un grand nombre de quinones aromatiques; il bleuit énergiquement la teinture de gaïac; enfin, sous l'action des réducteurs, il redonne le dythimol dichloré.

3° *Dichlorure de dichlorodithymoquinone.* — Le troisième dérivé chloré est obtenu dans l'action prolongée du chlore sur le dithymol en suspension dans le chloroforme; la solution chloroformique, après avoir pris une teinte rouge, devient jaune; à ce moment on évapore le chloroforme, le résidu est maintenu quelque temps en contact avec de l'alcool à 95° à froid, puis la partie insoluble est purifiée par plusieurs cristallisations dans l'alcool absolu à chaud. Ce dérivé chloré se présente en petits cristaux prismatiques, d'une belle couleur jaune soufré. Il est complètement insoluble dans l'eau et dans les alcalis, peu soluble dans l'alcool absolu à froid, plus soluble à chaud, très soluble dans l'éther, la benzine et le chloroforme. Le point de fusion, assez difficile à déterminer exactement, car le produit est décomposé partiellement à la température de fusion, est 176°-178° (corr.). Il résulte des analyses que ce corps a pour formule $C^{20}H^{22}Cl^4O^2$, soit la composition du tétrachlorodithymol; cependant ce corps ne peut être envisagé comme étant le dithymol tétrachloré; il résulte de l'ensemble de ses propriétés que ce dérivé doit être considéré comme provenant de la fixation de 2^{at} de chlore sur la dichlorodithymoquinone, et cela pour les raisons suivantes :

1° Il est insoluble dans la soude : le tétrachlorodithymol au contraire, ayant conservé ses deux oxhydryles phénoliques, serait soluble. 2° Quand on traite par les réducteurs (SO^2 en solution alcoolique et poudre de zinc) la solution du dérivé chloré dans l'alcool, celle-ci, d'abord jaune d'or, se colore en rouge puis bientôt elle est complètement décolorée : de cette liqueur il est facile d'isoler un dérivé possédant toutes les propriétés du dithymol dichloré.

Pour ces différentes raisons je considère le dérivé $C^{20}H^{22}Cl^4O^2$ comme résultant de la fixation de 2Cl sur la quinone $C^{20}H^{22}Cl^2O^2$ et je le désignerai sous le nom de *dichlorure de dichlorodithymoquinone.*

En résumé, l'action du chlore sur le dithymol m'a donné un dichlorodithymol, une dichlorodithymoquinone et un dichlorure de dichlorodithymoquinone.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques dérivés de la phénylisoxazolone.* Note de MM. **A. Wahl** et **André Meyer**, présentée par M. A. Haller.

Les travaux de Schiff et ses élèves ont montré ([1]) que l'action simultanée du chlorhydrate d'hydroxylamine et d'une aldéhyde sur l'éther acétylacétique en présence d'aniline conduit à des combinaisons solides, qui résultent de la condensation de l'aldéhyde avec la méthylisoxazolone formée dans la réaction.

Nous avons remarqué que le dérivé phénylé de l'isoxazolone est susceptible de subir des condensations analogues; celles-ci s'effectuent plus facilement, la phénylisoxazolone se préparant avec un excellent rendement, à l'état pur et cristallisé. La réaction des aldéhydes aromatiques avec la phénylisoxazolone se fait de préférence en milieu alcoolique avec ou sans agent de condensation. Elle est lente à froid par suite de la faible solubilité de la phénylisoxazolone dans l'alcool, mais elle devient rapide même à la température ordinaire en présence d'une faible quantité de pipéridine. Dans la plupart des cas, il suffit de chauffer à l'ébullition la solution alcoolique des corps réagissants sans addition d'agent de condensation; le produit formé se précipite presque quantitativement.

La réaction peut s'exprimer par le schéma

$$\begin{array}{c} C^6H^5-C\text{——}CH^2 \\ \| \quad\quad \| \\ N \diagdown \quad \diagup CO \\ O \end{array} + CHO-R = \begin{array}{c} C^6H^5-C\text{——}C \\ \| \quad\quad \| \\ N \diagdown \quad \diagup CO \\ O \end{array} \!\!\!\diagdown CH-R + H^2O.$$

La *benzylidène-phénylisoxazolone* $(C^9H^5NO^2)=CH.C^6H^5$ constitue des paillettes brillantes, jaune clair, fondant à 191° en se décomposant, peu solubles dans l'alcool et les dissolvants organiques. La *cinnamylidène-phénylisoxazolone* cristallise dans l'acide acétique en feuillets orangés fondant à 160° en se décomposant. La *furylidène-phénylisoxazolone* forme des tablettes brunes fondant à 132°-133° en se décomposant.

Tandis que la phénylisoxazolone est incolore, tous les composés précédents sont nettement colorés; nous avons pensé qu'il serait peut-être possible d'obtenir de véri-

---

([1]) Schiff, *D. chem. G.,* t. XXVIII, p. 2733. — Schiff et Viciani, *D. chem. G.,* t. XXX, p. 1159. — Schiff et Betti, *D. chem. G.,* t. XXX, p. 1337.

tables matières colorantes en introduisant des groupes auxochromes dans la molécule chromogène de la benzylidène-phénylisoxazolone. Dans ce but, nous avons remplacé la benzaldéhyde par ses produits de substitution.

La *paradiméthylamidobenzylidène-phénylisoxazolone*

$$(C^9H^5O^2N) = CH.C^6H^4N(CH^3)^2$$

constitue des paillettes brillantes rouge brique, fondant à 184°, solubles avec une coloration orangée dans l'acide acétique. Ce produit ne possède qu'une faible affinité pour la laine ou le coton, mordancés au tanin. Les dérivés hydroxylés ont été préparés à l'aide des aldéhydes suivantes :

L'aldéhyde salicylique donne la *salicylidène-phénylisoxazolone*, cristallisée en aiguilles jaunes fondant à 187°; l'aldéhyde *p*-oxybenzoïque donne la *p-oxybenzylidène-phénylisoxazolone*, aiguilles jaunes fondant à 206°-207°; la vanilline donne la *4-oxy-3-méthoxybenzylidène-phénylisoxazolone*, aiguilles jaune d'or fondant à 213°; l'aldéhyde β-oxynaphtoïque donne la *β-oxynaphtylidène-phénylisoxazolone*, fondant à 223°.

Ces corps sont solubles dans les alcalis avec une coloration orangée plus ou moins rougeâtre; il n'a pas été possible de les examiner au point de vue tinctorial, car, à chaud, les solutions sont décolorées par suite de l'hydrolyse. Les *anisylidène-* et *pipéronylidène-phénylisoxazolones* fondent respectivement à 164° et 208°-209°; elles sont insolubles dans les alcalis.

Cette facile condensation de la phénylisoxazolone avec les aldéhydes aromatiques semble indiquer qu'elle possède un groupement méthylénique dans sa molécule. M. Sachs a montré dans une série de mémoires que les composés possédant un tel groupement sont susceptibles de se condenser avec la nitrosodiméthylaniline. La phénylisoxazolone fournit dans ces conditions la diméthylamidophénylimine de la phénylisoxazoldione :

$$\begin{array}{l} C^6H^5 - C \longrightarrow C = N.C^6H^4.N(CH^3)^2 \\ \qquad\quad \| \qquad\quad | \\ \qquad\quad N \qquad CO \\ \qquad\quad\ \ \diagdown\ \diagup \\ \qquad\qquad O \end{array}$$

Ce composé fond à 184° en se décomposant et constitue des aiguilles violet noir solubles en violet dans l'acide acétique; elles teignent faiblement la soie en violet.

Dans une Communication récente, MM. Moureu et Lazennec [1], en s'appuyant sur la formation de la phénylisoxazolone dans l'action de l'hydroxyl-

---

[1] MOUREU et LAZENNEC, *Comptes rendus*, t. CXLIV, p. 1281.

amine sur l'éther éthoxycinnamique et sur l'amide phénylpropiolique, ont proposé pour elle une formule de constitution (II) différente :

$$\begin{array}{ccc} C^6H^5-C\!\!=\!\!\!-\!\!\!-CH^2 & & C^6H^5-C\!\!=\!\!\!=\!\!\!=CH \\ N\diagdown\quad\diagup CO & \rightarrow & HN\diagdown\quad\diagup CO \\ O & & O \\ \text{(I).} & & \text{(II).} \end{array}$$

Les réactions précédentes montrent que, si la phénylisoxazolone possède, dans certaines conditions, la formule de constitution (II) (Moureu et Lazennec), elle peut également réagir sous la forme méthylénique (I) tautomère. D'ailleurs M. Rabe ([1]) a obtenu dans l'action du chlorure de benzoyle sur la phénylisoxazolone deux dérivés benzoylés se rattachant, l'un à la forme énolique de la formule (I) et l'autre à la forme iminée (II).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les produits de l'action du chlorure d'aluminium et du gaz chlorhydrique sur le benzène; méthylphénylcyclopentane.* Note de M. **G. Gustavson**, présentée par M. A. Haller.

Si l'on sature le benzène additionné de chlorure d'aluminium finement pulvérisé avec du gaz chlorhydrique et si l'on agite le mélange, on observe qu'il se forme peu à peu une couche liquide brun foncé non miscible au benzène surnageant. L'action est très lente et dure plusieurs semaines. On peut l'accélérer et obtenir en quelques heures beaucoup de produit en chauffant le mélange au bain-marie dans des flacons hermétiquement fermés, la réaction s'accomplissant sans dégagement de gaz. Si l'on décompose la couche liquide brun foncé avec de l'eau, on obtient du benzène, des hydrocarbures bouillants jusqu'à 360° et un résidu résineux, comme je l'avais déjà observé lors de mes premiers essais sur ce sujet ([2]). Ayant repris l'étude des hydrocarbures contenus dans la couche liquide, j'ai réussi à en isoler du méthylphénylcyclopentane. Pour obtenir ce carbure à l'état de pureté, on traite la partie bouillant à 230°-240° par l'acide sulfurique fumant et l'on sature le produit par le carbonate de baryte. Le sel

(1) Rabe, *Ber. chem. Ges.*, t. XXX, p. 1614.

(2) *Journal de la Soc. chim. russe,* 1878, p. 390.

barytique obtenu cristallise en paillettes brillantes très peu solubles dans l'eau froide.

En chauffant l'acide sulfonique, préparé en partant du sel barytique pur, avec de l'acide chlorhydrique en tubes scellés à 180°-200°, on obtient le carbure liquide à odeur de diphényl, bouillant à 230°-232°, qui reste liquide à $-15°$.

0g,1055 de substance ont donné 0,3473 CO^2 et 0,0926 H^2O, soit en centièmes 89,78 pour 100 de C et 9,75 pour 100 d'H. La formule $C^{12}H^{16}$ exige 89,93 pour 100 de C et 10,07 pour 100 de H. Le sel barytique m'a donné 2,91 pour 100 d'eau de cristallisation et 22,25, 22,4 et 22,3 pour 100 de baryum dans le sel anhydre. La formule $(C^{12}H^{15}SO^3)^2Ba + H^2O$ exige 2,84 pour 100 d'eau et 23,31 pour 100 de baryum dans le sel privé de l'eau de cristallisation. Densité du carbure à $\frac{16°}{4°} = 0,937$. Le poids moléculaire déterminé par la méthode de M. Raoult, en employant le phénol comme dissolvant, a été trouvé 165; la formule $C^{12}H^{16}$ exige 160. La réfraction moléculaire trouvée $= 51,97\left(n\frac{16°}{4°} = 1,5210\right)$; la formule $C^{12}H^{16}{}^{3}$ exige 51,74. Les chiffres ci-dessus s'accordent très bien avec ceux obtenus par MM. Borsche et Menz ([1]) pour le 1-méthyl-3-phénylcyclopentane, $C^6H^5.CH\left\langle\begin{matrix}CH^2-CH^2\\CH^2\end{matrix}\right\rangle CH.CH^3$, récemment obtenu par ces savants par voie synthétique ([1]).

Le *méthylphénylcyclopentane* n'est pas attaqué immédiatement par la solution étendue de permanganate de potasse et se colore par la première goutte de brome qu'on y ajoute. Oxydé par le permanganate de potasse à 100°, ou par le mélange chromique, le carbone se transforme en acide benzoïque, en donnant en même temps des traces d'acide acétique.

Si l'on épuise la couche brun foncé par l'éther de pétrole, on isole aisément le ferment chloraluminique qui reste comme liquide très épais insoluble dans l'éther de pétrole, et qu'on peut combiner de nouveau avec du benzène et des carbures aromatiques. Le ferment joue le même rôle que les autres ferments analogues isolés par moi des produits de la plupart des réactions de MM. Friedel et Crafts. En saturant le composé benzénique du ferment avec du gaz chlorhydrique, on trouve que le benzène ajouté se transforme peu à peu en méthylphénylcyclopentane et des carbures cycliques plus phénylés. J'ai ainsi isolé du *diphénylcyclohexane,* fusible à 170°, obtenu pour la première fois par M. Kursanoff ([2]), mais je n'ai pas réussi jusqu'à présent à isoler du triphénylcyclohexane qui doit probablement présenter le terme ultime de la réac-

---

([1]) *Berichte d. d. chem. Ges.,* 1908, p. 190.
([2]) *Journal de la Soc. chim. russe,* 1901, p. 690.

tion étudiée [$C^6H^6 \rightarrow C^6H^6HCl \rightarrow C^6H^7C^6H^5 \rightarrow C^6H^7(2HCl)C^6H^5 \rightarrow C^6H^9(C^6H^5)^3$]. C'est par la transformation du cyclohexane en méthylcyclopentane, si souvent observée, et par les transpositions des radicaux qu'on peut expliquer les résultats de la réaction que j'ai exposée plus haut. Le méthylphénylcyclopentane une fois formé, c'est aussi par la transposition des radicaux qu'on peut expliquer la formation du toluène observée par MM. Friedel et Crafts pendant l'action du chlorure d'aluminium sur le benzène à 180°-200°; la formation d'éthylbenzène, observée par ces savants dans le même cas, implique de même la présence d'éthylphénylcyclobutane parmi les produits de l'action du chlorure d'aluminium sur le benzène.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques dérivés du thiophène.* Note de M. V. Thomas, présentée par M. Haller.

Le magnésium se dissout très facilement dans le thiophène iodé $C^4H^3SI(\alpha)$ en présence d'éther anhydre. L'organo-magnésien formé se comporte, dans la plupart des réactions, à la façon de l'iodure de phénylmagnésium.

Dans cette Note, je décrirai brièvement l'action de l'iodure de thiénylmagnésium sur les cétones grasses ou aromatiques.

Action sur les cétones grasses. — Les cétones grasses réagissent normalement sur le composé

```
CH ——— CH
‖       ‖
CH      C — MgI
  \    /
    S
```

avec formation d'alcools tertiaires. Ces alcools tertiaires sont difficiles à séparer à l'état de pureté, car, plus facilement encore que les carbinols correspondants à noyaux benzéniques, ils tendent à se déshydrater avec formation de carbures éthyléniques. Cette déshydratation se produit, plus ou moins complète, par distillation des alcools, même sous pression réduite; avec certains d'entre eux, la déshydratation s'effectue déjà à température ordinaire. Le mélange de carbure et d'alcool est pénible à rectifier lorsqu'on opère, comme j'ai dû le faire, par suite du prix élevé du thiophène, sur de faibles quantités de matière. Pendant la rectification des produits bruts, en effet, les carbures éprouvent une polymérisation très accentuée.

Les carbures se présentent sous forme de liquides plus ou moins huileux, incolores, à odeur particulière, ne se congelant pas même dans un mélange de neige carbonique et d'acétone à — 60°. Abandonnés un certain temps à

eux-mêmes, ils foncent graduellement de couleur, leur viscosité augmente et certains termes de la série finissent par se prendre en une masse solide noirâtre.

Carbures et alcools ont des points d'ébullition souvent très voisins, ce qui pratiquement complique encore leur séparation.

Mes expériences ont porté sur les cétones suivantes :

$$CH^3COCH^3,\quad CH^3CH^2COCH^3,\quad C^5H^{11}COCH^3 \quad \text{et} \quad (CH^3CH^2CH^2)^2CO.$$

Les deux premières cétones fournissent un mélange de carbure et d'alcool; la méthylamylcétone donne surtout le carbure éthylénique; par contre, la butyrone conduit presque exclusivement à l'alcool tertiaire. Comme le carbinol formé à partir de l'iodure de thiénylmagnésium et de l'acétophénone (voir ci-dessous) paraît se déshydrater avec une extrême facilité, comme, d'autre part, le diphénylthiénylcarbinol (voir plus loin) offre une stabilité remarquable, il me paraît logique d'admettre, provisoirement tout au moins, que la déshydratation des carbinols se produit d'après la réaction

$$\begin{array}{c} R - C(OH) \\ \diagup\diagdown \\ T \quad CH^3 \end{array} \quad \rightarrow \quad \begin{array}{c} R - C \\ \diagup\diagdown\!\diagdown \\ T \quad CH^2 \end{array}$$

R = radical gras ou aromatique. T = radical thiényl.

Par fixation de brome, les carbures donnent naissance à des produits huileux que je n'ai pu amener à cristallisation.

Action sur les cétones aromatiques et les cétones mixtes. — L'acétophénone réagit normalement avec l'iodure de thiénylmagnésium : on obtient l'alcool tertiaire qui, peu stable, paraît se transformer, même à température ordinaire, en carbure éthylénique. La benzophénone conduit de même au diphénylthiénylcarbinol, ne présentant aucune tendance à la déshydratation et possédant, par contre, une très grande stabilité. La réaction se produit encore très régulièrement avec les dérivés de la benzophénone : la cétone de Michler donne une matière colorante verte présentant toutes les propriétés du vert de thiophène

$$[C^6H^4 - Az(CH^3)^2]^2 = C(OH).C^4H^3S.$$

$(CH^3)^2C(OH)C^4H^3S$. — La préparation de l'organo-magnésien doit être faite en présence d'un léger excès de magnésium, car la séparation des traces de thiophène iodé qui n'est pas entré en réaction est toujours extrêmement pénible. En partant de 50g de

thiophène iodé, on obtient de 22g à 23g de produit brut. La majeure partie passe entre 103°-104° sous 25mm et se solidifie par refroidissement; une petite quantité distille à température légèrement inférieure à 98°-99° sous la même pression. Ces premières portions sont formées principalement de carbure éthylénique.

A l'état de pureté, l'alcool se présente en aiguilles solubles dans les solvants usuels et fusibles à 33°. Par abandon à température ordinaire, les cristaux se liquéfient et donnent un produit visqueux à odeur piquante.

$(CH^3)-\underset{\underset{CH^2}{\|}}{C}-C^4H^3S$. — Isolé en petite quantité sous forme d'un liquide incolore à odeur agréable, bouillant à 166°-167° sous $H=727^{mm}$, il se polymérise très facilement avec le temps; son odeur devient piquante et il finit par se transformer en une masse solide noirâtre.

$(C^2H^5)(CH^3)C(OH).C^4H^3S$ et $(C^2H^5)C(=CH^2)(C^4H^3S)$. — Ces composés se forment comme les précédents, mais je n'ai pu arriver à les obtenir à l'état de pureté, par suite du peu de matière sur laquelle j'opérais.

Le produit brut obtenu bout vers 106° sous $H=39^{mm}$-40^{mm} et à 114°-116° sous $H=59^{mm}$.

$(CH^2)=C(C^5H^{11})(C^4H^3S)$. — C'est le produit principal de la réaction. Par distillation du produit brut, sous pression réduite, on recueille entre 165°-168° ($H=62^{mm}$) un liquide quelque peu huileux, à odeur écœurante et donnant à l'analyse : $C=72,8$, $H=9,2$ (calculé pour le carbure : $C=73,33$ et $H=8,88$).

$(C^3H^7)C(OH)(C^3H^7)(C^4H^3S)$. — Obtenu sous forme d'un liquide non cristallisable à odeur assez agréable et bouillant à 160°-163° sous $H=45^{mm}$-46^{mm} (trouvé : $C=66,42$; $H=9,43$; calculé : $C=66,66$; $H=9,49$). Par distillation à pression ordinaire, il se dédouble partiellement en eau et carbure.

$(CH^3)C(OH)(C^6H^5)(C^4H^3S)$. — Aiguilles solubles dans les solvants organiques usuels, fusibles à 50°. Abandonnées à elles-mêmes, ces aiguilles se liquéfient en partie, avec production très probable de carbure éthylénique.

$(C^6H^5)^2C(OH)(C^4H^3S)$. — Ce corps, en cristaux bien formés, d'apparence hexagonale, fond à 125°. Il est peu soluble dans l'eau, mais se dissout beaucoup mieux dans les acides sulfurique, azotique et chlorhydrique. Les acides organiques, tels que l'acide acétique, le dissolvent également. Tandis que les dissolutions dans les solvants neutres sont incolores, les dissolutions dans les acides sont très fortement colorées en jaune. L'intensité de coloration est très grande.

Je rappellerai que le triphénylcarbinol, ainsi que l'a mentionné Frey(1) donne, lui aussi, avec l'acide sulfurique concentré des solutions jaunes à pouvoir colorant très intense; j'ai constaté que ce carbinol donne également des solutions jaunes avec l'acide azotique, tandis qu'avec l'acide chlorhydrique, même à chaud, on n'obtient pas de coloration.

Quelle est la cause de cette coloration? Est-elle le résultat de la forma-

(1) Frey, *Ber. chem. Gesell.*, t. XXVIII, p. 2516.

tion d'une sorte de sel? C'est un point que je me propose d'élucider dans la suite, après avoir terminé l'étude des produits de la forme

$$RC(OH)(C^4H^3S)^2 \quad \text{et} \quad C(OH)(C^4H^3S)^3.$$

Les diverses tentatives de préparation du thiényl-ol $C^4H^3S(OH)$ par l'action de l'oxygène sur l'organo-magnésien ne m'ont conduit à aucun résultat. Par contre, les nitriles réagissent normalement sur l'iodure de thiénylmagnésium, avec formation de cétones.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la formation de l'aldéhyde acétique dans les fermentations alcooliques.* Note de M. **A. Trillat**, présentée par M. L. Maquenne.

L'aldéhyde acétique a déjà été signalée comme accompagnant certaines fermentations alcooliques. Linossier et Roux ont trouvé ce corps dans la fermentation du glucose sous l'influence du champignon du muguet; Roeser (1) l'a aussi constatée dans un grand nombre de fermentations provenant de l'ensemencement des moûts avec une variété de levure de raisins de divers cépages. Duclaux (2) a confirmé ces résultats dans la fermentation alcoolique provoquée par la levure de lactose; enfin M. Sauton et moi-même (3) avons montré que plusieurs levures pures de lactose, retirées du fromage, donnaient des proportions d'aldéhyde acétique variant de 35^{mg} à 80^{mg} par litre du liquide ensemencé.

Comme suite à mes précédentes Notes (4), j'ai étudié plus à fond les conditions de la formation de l'aldéhyde acétique qui semble se produire d'une manière générale dans toutes les fermentations alcooliques sous l'influence des levures. Je me suis tout d'abord demandé si l'aldéhyde est véritablement, comme on l'indique couramment, un produit normal de la fermentation alcoolique.

Étant donnée la facilité avec laquelle l'alcool peut donner quelques milligrammes d'aldéhyde par litre, sous certaines influences, on pouvait aussi supposer que sa provenance était due à la fois à l'oxydation de

(1) *Annales Institut Pasteur,* 1893, p. 41.
(2) *Traité de Microbiologie,* t. III, p. 431.
(3) *Comptes rendus,* 29 avril 1907. — *Annales Institut Pasteur,* mars 1908.
(4) *Comptes rendus,* 1er sem. 1903, p. 161; *Id.,* 31 décembre 1906.

l'alcool par l'oxygène de l'air et à la dislocation de la molécule sucrée, comme l'avançaient Schützenberger et Destrem, au même titre que l'acide succinique et la glycérine de la fermentation.

La question n'a pas été, en effet, résolue d'une manière définitive, et si l'on s'en tenait aux résultats de Roeser, on serait tenté de supposer que l'aldéhyde acétique pourrait se former, même à l'abri de l'air, au cours des fermentations. Cet auteur a, en effet, annoncé que, dans les cultures anaérobies ensemencées avec des levures de vin, on trouvait de 15^{mg} à 80^{mg} d'aldéhyde par litre.

Contrairement à cette opinion, mes expériences démontrent que la production d'aldéhyde au cours des fermentations n'est qu'un phénomène concomittant, qui n'a lieu qu'en présence de l'oxygène de l'air; elle n'est pas liée à la fermentation elle-même.

Pour en faire la démonstration j'ai choisi comme exemple les levures de lactose et, spécialement parmi elles, des levures retirées du fromage qui, dans de précédents essais, avaient donné les meilleurs rendements en aldéhyde acétique.

Expériences. — Les expériences ont consisté à ensemencer largement des liquides nutritifs lactosés avec ces levures. Un premier lot de bouillons a été directement ensemencé dans des ballons de 500^{cm^3} de capacité et bouchés avec de la ouate stérilisée, permettant plus ou moins facilement l'accès de l'air. Une deuxième série d'essais a été effectuée, dans les mêmes conditions, dans des ballons munis de deux tubulures latérales, mais en ayant soin de faire l'ensemencement à l'abri de l'air, en présence d'acide carbonique ou d'un gaz neutre, comme l'hydrogène. Dans ce cas, pour opérer dans des conditions rigoureuses, à l'abri de toute trace d'air, les liquides nutritifs, placés dans leurs ballons respectifs, étaient d'abord lavés par un courant d'acide carbonique gazeux ou d'hydrogène, qu'on extrayait ensuite en portant le liquide à l'ébullition sous pression réduite. On recommençait trois fois l'opération, de manière à être sûr qu'il ne restât pas trace d'air, ni dans le liquide, ni dans l'espace vide du ballon ([1]).

Une des tubulures du ballon était ensuite scellée, tandis que l'autre était mise en communication avec une éprouvette remplie de mercure; on provoquait l'ensemencement des bouillons de culture au moyen d'un dispositif spécial qui faisait tomber dans celui-ci les levures qui se trouvaient d'abord suspendues dans une petite nacelle au sommet du ballon.

Tous les essais étaient abandonnés à la même température du laboratoire et, après quelques jours, on procédait à la recherche et au dosage de l'aldéhyde formée.

Pour éviter toute oxydation ultérieure de l'alcool formé au cours de la fermentation,

---

([1]) Sans cette précaution, on obtiendrait encore, à la fin de la fermentation, une légère coloration avec le bisulfite de rosaniline.

les plus grandes précautions ont été prises. La distillation du liquide alcoolique a été effectuée dans tous les essais en l'absence d'air, en se conformant aux indications que j'ai données pour supprimer l'oxydation de l'alcool.

Après avoir bien constaté dans tous les essais la formation d'alcool, l'aldéhyde était d'abord qualitativement recherchée au moyen d'une solution très sensible de bisulfite de rosaniline donnant la coloration au $\frac{1}{1000000}$. On procédait ensuite au dosage colorimétrique de l'aldéhyde quand il y avait lieu.

Le Tableau suivant donne la quantité d'aldéhyde formée par litre, en présence ou en l'absence d'oxygène :

1.	Aération large	50^{mg}
2.	En présence d'acide carbonique	néant
3.	» (avec petite introduction d'air)	de 2^{mg} à 10^{mg}
4.	» d'hydrogène	néant
5.	» (avec petite introduction d'air)	de 2^{mg} à 10^{mg}

On voit qu'en l'absence complète d'air il n'y a pas eu apparition d'aldéhyde; elle a été, au contraire, toujours constatée quand la fermentation a eu lieu en milieu aéré ou même en présence de très petites quantités d'oxygène, ce qui justifie bien les précautions minutieuses qu'il faut prendre pour réussir l'expérience.

L'aldéhyde acétique n'est donc pas un produit normal de la fermentation alcoolique. Elle ne provient pas de la dislocation immédiate de la molécule du sucre, mais d'une oxydation ultérieure de l'alcool éthylique : ses proportions doivent varier avec les conditions d'aération. D'après les essais actuellement en cours et que je ferai prochainement connaître, cette oxydation de l'alcool serait due surtout aux levures jouant le rôle d'agent d'oxydation.

BOTANIQUE. — *Sur la production de la gomme chez les* Moringa. Note de MM. F. Jadin et Volcy Boucher, présentée par M. Guignard.

L'un de nous a déjà signalé ([1]) la présence d'une lacune gommeuse au centre de la moelle des tiges des *Moringa,* provenant des régions naturelles où croissent ces plantes; mais il n'avait pu observer aucune lacune gommeuse dans le liber ou l'écorce de ces tiges.

([1]) F. Jadin, *Comptes rendus,* t. CXXX, p. 733.

Cependant, dans toutes les régions tropicales, les *Moringa* produisent de la gomme. Il restait donc à savoir comment se produisait cette exsudation gommeuse.

Nous nous sommes tout d'abord assurés que la lacune centrale était constante et continue dans toute la longueur de la tige, mais que, en aucun cas, elle n'était susceptible de communiquer avec l'extérieur.

Dans des tiges de grosseurs différentes (2^{mm} à 3^{cm} de diamètre), la lacune reste au centre de la moelle et conserve à très peu de chose près la même importance.

Ces tiges, traitées par le rouge de Cassella et le vert acide Poirrier JEEE, suivant la méthode de Lutz, montrent que le rouge de Cassella se fixe dans la moelle sur la partie centrale et sur quelques éléments de la périphérie au voisinage immédiat du bois, sur le cambium, le liber et l'écorce. La région moyenne de la moelle, le bois, les fibres péricycliques et le suber fixent le vert. Quand les vaisseaux du bois contiennent des thylles, celles-ci se colorent en rouge.

Mais en aucun cas, dans ces tiges, les cellules fixant le rouge ne présentent des membranes épaissies, et ni dans le liber, ni dans l'écorce de lacunes gommeuses.

Nous souvenant que dans certaines espèces de Sterculiacées, normalement gommifères, M. Mangin [1] a eu l'idée de provoquer la formation de la gomme par des blessures ou des meurtrissures, nous avons fait exécuter des expériences sur des plants de *Moringa pterygosperma* croissant à l'île de la Réunion. Sachant l'influence de la saison pluvieuse sur l'émission de la gomme chez cette plante, les expériences ont été faites au mois de janvier. Elles ont porté sur des branches saines, assez éloignées du sol pour être à l'abri des traumatismes accidentels et appartenant à des sujets robustes dont le tronc fournissait de la gomme.

Des branches de différents diamètres ont été entaillées; les entailles intéressant soit l'écorce, soit l'écorce et le liber, soit l'écorce, le liber et le bois, étaient faites en écusson.

D'autres branches ont été simplement contusées au marteau, lésant l'écorce plus ou moins profondément.

Après trente jours de végétation, les branches nous ont été expédiées.

Dans tous les cas, la lacune médullaire n'avait subi aucune modification; mais, dans le liber, de nombreuses lacunes s'étaient formées. La répartition de ces lacunes libériennes par rapport au point traumatisé indique qu'elles ont pris naissance sous l'influence du traumatisme.

---

(1) *Comptes rendus*, t. CXXV, p. 725.

En effet, elles sont étroitement localisées au voisinage du point blessé, et il arrive toujours qu'à une distance variable de ce point on ne les observe plus.

En coupe transversale, ces lacunes, situées sur un seul rang, débutent dans le liber plus près du péricycle fibreux que du cambium, entre deux rayons médullaires.

Quelques cellules du liber épaississent leur membrane, deviennent plus volumineuses, ne tardent pas à se dissocier et à former ainsi une lacune gommeuse. Celle-ci s'agrandit par la dissociation et la gommification des cellules avoisinantes et forme une cavité allongée tangentiellement. A l'origine, ces lacunes sont peu éloignées les unes des autres, séparées seulement par les rayons médullaires et quelques rangées de cellules.

Quelques-unes d'entre elles peuvent fusionner en absorbant le rayon médullaire.

En coupe longitudinale, elles forment des poches allongées, situées les unes au-dessous des autres, pouvant s'anastomoser plus ou moins tardivement.

Les fibres péricycliques ne formant pas un cercle continu, les îlots fibreux sont séparés par une ou plusieurs rangées de cellules à parois molles qui permettent aux lacunes gommeuses de gagner la zone corticale.

Là où s'observent ces lacunes gommeuses, la lignification du bois est tardive.

Il nous semble donc qu'on est en droit de conclure de ce qui précède que, dans la tige des *Moringa*, en dehors des éléments lignifiés et subérifiés, les parois cellulaires manifestent presque toutes au colorant le premier stade de la gommose, mais que cette transformation donne naissance à des cavités gommeuses de deux façons bien différentes : normalement, à une lacune médullaire centrale incapable de communiquer avec l'extérieur, et pathologiquement, sous l'influence de traumatisme, à des lacunes libériennes susceptibles de communiquer avec l'extérieur.

BOTANIQUE. — *Sur la phytécologie de la région orientale de la Kabylie du Djurdjura.* Note de M. G. Lapie, présentée par M. Gaston Bonnier.

La région étudiée dans cette Note est limitée au Nord par la mer Méditerranée, à l'Ouest par le méridien du cap Tédlès, au Sud et à l'Est par le Djurdjura oriental et les chaînes de montagnes qui le prolongent jusqu'au Gouraya, près de Bougie.

Les trois massifs montagneux sensiblement parallèles au littoral et d'altitudes croissantes que nous avons distingués dans la Kabylie occidentale [1]

---

[1] *Sur les caractères écologiques de la végétation dans la région occidentale de la Kabylie du Djurdjura.* (*Comptes rendus* t. CXLIV, 11 mars 1907, p. 580).

(massif littoral, massif ancien et Djurdjura) se continuent dans la partie orientale de ce pays, mais avec des directions convergentes : le massif ancien vient s'appuyer sur le versant nord du Djurdjura, puis la chaîne littorale dont la hauteur va en croissant s'incline vers le Sud pour se réunir à son tour aux deux chaînes précédentes et former avec elles la vaste région montagneuse de l'Akfadou, dont les prolongements (Taourirt Iril, Arbalou et Gouraya) vont en s'abaissant vers l'Est jusqu'à Bougie.

Le massif littoral est constitué par les argiles et quartzites du Crétacé, en partie recouverts, vers l'Est surtout, par l'Éocène supérieur (argiles schisteuses et grès du Medjanien et du Numidien inférieur; grès de Numidie).

Le deuxième et le troisième massif sont formés, comme dans la Kabylie occidentale, l'un par les terrains cristallophylliens, l'autre par les calcaires du Lias que viennent border soit les grès nummulitiques, soit plus fréquemment des affleurements de schistes et de grès rapportés au primaire. Les calcaires font place aux grès de Numidie dans l'Akfadou et le Taourirt Iril pour reparaître au delà de ces massifs dans l'Arbalou et le Gouraya.

Les espèces de phanérophytes sociales qui constituent les forêts de la région étudiée sont :

1° Le Cèdre sur les crêtes du Djurdjura;

2° Le Chêne vert sur le massif ancien et l'Arbalou;

3° Les Chênes à feuilles caduques sur les sommets gréseux de la moyenne montagne (Akfadou et extrémité orientale de la chaîne littorale);

4° Le Chêne-Liège sur les régions moins élevées formées par les grès de Numidie et sur une partie du Crétacé et du Medjanien;

5° L'Olivier sur les sols les plus argileux des deux derniers terrains et sur le Numidien inférieur.

La zone du Cèdre présente, en général, le même aspect que dans la Kabylie occidentale; cependant on retrouve dans les grès nummulitiques, sur les flancs de la profonde vallée qui sépare le chaînon de Lalla Khadidja de celui de l'Azerou Tidjeur, les restes d'une végétation plus hygrophile. Les espèces dominantes de l'association sont, dans ce dernier cas : pour la futaie, les *Cedrus Libani* Barr., *Acer obtusatum* Willd., *Quercus Mirbeckii* D. R., *Sorbus torminalis* Crantz, *S. Aria* Crantz; pour le sous-bois : *Daphne Laureola* L., *Lonicera arborea* Bois., *Taxus baccata* L., *Cratægus laciniata* Ucr.; dans le tapis herbacé abondent : *Physospermum acteæfolium* Presl., *Artemisia absinthium* L., *Knautia arvensis* Kock., *Pæonia corallina* Retz., etc.

Enfin, nous avons récolté en 1907, dans la zone du Cèdre, plusieurs espèces de Muscinées qui n'avaient pas encore été signalées en Algérie : les *Madotheca Porella* Nees, *Bryum fallax* Milde, et *Mnium stellare* L.

La forêt de Chêne vert s'étend sur la partie orientale du massif ancien dont la région

occidentale est recouverte par le Chêne-Liège. Cette substitution du *Quercus ilex* L. au *Q. suber* L. est déterminée par les modifications du climat résultant du voisinage des hauts sommets et de l'exposition générale nord.

Le Chêne vert occupe également les affleurements calcaires de la basse et de la moyenne montagne, surtout développés dans l'Arbalou.

La forêt de Chênes à feuilles caduques est caractérisée par le *Quercus Mirbeckii* D.R. et le *Q. Afarès* Pom. Ce dernier occupe de préférence les crêtes et les versants chauds et secs, tandis que le premier recouvre les parties plus humides. Le chêne Afarès, avec sa forme élancée et ses rameaux fastigiés, projette sur le sol une ombre faible qui permet le développement d'un sous-bois, souvent abondant, d'*Erica arborea* L. Le Chêne Zen présente au contraire des rameaux étalés couverts de larges feuilles; la futaie de cette essence abrite un sol couvert d'abondants débris organiques sur lesquels apparaissent çà et là des mousses et des phanérogames ombrophiles. Dans les clairières la végétation est formée de *Cytisus triflorus* L'Hér. abondant avec *Genista tricuspidata* Desf., *Daphne Gnidium* L., *Cistus salviæfolius* L., *Lavandula Stæchas* L., *Vincetoxicum officinale* Mœnch., *Pteris aquilina* L., etc., et dans les stations les plus humides : *Alnus glutinosa* Gœrtn., *Campanula alata* Desf., *Osmunda regalis* L., *Polystichum aculeatum* L., *Athyrium Filix femina* Roth., etc.

La forêt de Chêne-Liège qui recouvre principalement les terrains gréseux s'enrichit dans cette région, souvent jusqu'au bord de la mer, de *Vincetoxicum officinale* Mœnch. et de *Thymus numidicus* Poir., espèces caractéristiques des altitudes plus élevées dans la région occidentale. De la pointe Ksila à Bougie l'*Erica scoparia* L. se mêle à l'*Erica arborea* L. dans le sous-bois.

La végétation de cette zone présente un aspect plus xérophile sur les argiles et quartzites du Crétacé que sur les grès de Numidie; les Chênes-Liège deviennent disséminés et peu élancés; le *Cistus monspeliensis* L. domine dans le sous-bois qui reste très bas; les buissons de myrte qui, dans les grès forment souvent un étage continu dominé par celui de la bruyère, affectent dans le Crétacé la forme de dômes isolés, souvent même très espacés; l'*Arbutus Unedo* L. fait défaut ou demeure très rare. La forêt de Chêne-Liège est ici dans des conditions limites. Elle présente un aspect plus vigoureux sur les terrains argilo-gréseux du Medjanien lorsque le grès domine, mais les conditions optima sont toujours réalisées dans le grès de Numidie.

L'*Olivier* et les *buissons* remplacent le *Quercus suber* dans le Medjanien et dans le Crétacé dès que la proportion de l'argile augmente au détriment de celle des quartzites ou du grès. L'Olivier, qui présente tous les caractères d'une espèce spontanée, a souvent été multiplié aux dépens des espèces buissonnantes représentées surtout par les *Pistacia Lentiscus* L. et *Erica arborea* L.

Il résulte de ces observations que :

1° Les flancs et les sommets de la *haute montagne* sont couverts, aux diverses altitudes, par des phanérophytes *xérophiles ;*

2° Les sommets de la *moyenne montagne,* à substratum calcaire, présentent le même caractère, tandis que les formations gréseuses sont, au contraire, recouvertes de forêts *tropophiles ;*

3° Dans la *basse montagne* la nature physique et chimique du sol a la plus grande influence sur l'aspect de la végétation qui est *xérophile* avec l'Olivier, xérophile ou *semi-xérophile* avec le Chêne-Liège.

En un mot, ce sont les sommets de la moyenne montagne qui, dans la région étudiée, offrent à la végétation le maximum d'humidité et partout les grès atténuent le caractère xérophile de la végétation.

PHYSIOLOGIE. — *Les leviers dans l'organisme.* Note [1] de M. **A. Guillemin**, présentée par M. d'Arsonval.

Dans tout levier en équilibre, il y a, non pas deux forces, mais six forces agissantes, trois actions et trois réactions. Ces forces sont concourantes, et leurs *composantes normales au levier* sont liées par les équations connues

$$\frac{P_1}{b} = \frac{Q_1}{a} = \frac{P_1 + Q_1}{a+b} = \frac{R_1}{l}.$$

Toujours la composante R_1, située entre P_1 et Q_1, est égale à la somme $P_1 + Q_1$.

Ceci posé, et la figure 1 étant facile à comprendre [2], les équations d'équilibre sont

$$\frac{P \sin\alpha}{b} = \frac{Q \sin\gamma}{a} = \frac{R \sin OBA}{a+b}.$$

On en déduit :

1° Effort musculaire

$$Q = P \frac{a}{b} \frac{\sin\alpha}{\sin\gamma};$$

2° Pression sur l'artère tibio-tarsienne

$$R = P \frac{a+b}{b} \frac{\sin\alpha}{\sin OBA}.$$

---

(1) Présentée dans la séance du 16 mars 1908.

(2) ABC est le levier plantaire, JB le tibia, M les muscles du mollet (jumeaux et soléaire) dont les attaches tirent sur le genou J et sur le calcanéum C avec une force Q. Puisque la *base de sustentation* est réduite au seul point A, il faut que le centre de gravité du corps soit sur la verticale AG, et le poids du corps P peut être regardé comme appliqué au point A. Comme les forces P et Q se rencontrent en O, il s'ensuit que la troisième force R est dirigée suivant OB.

Nous ne discuterons pas ces équations en détail; nous les simplifierons au maximum, en supposant

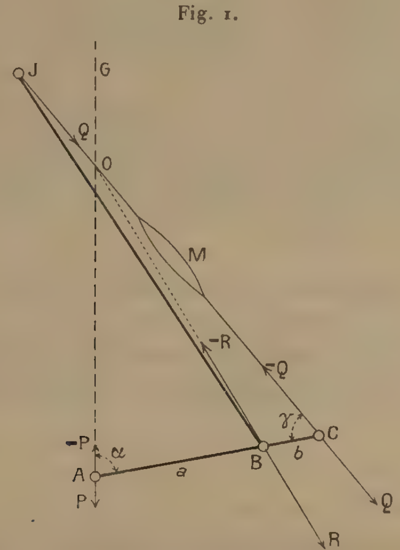
$$\alpha = \gamma = \text{OBA} \quad \text{et} \quad \frac{a}{b} = 3.$$

Alors les valeurs de Q et de R se réduisent à

$$Q = 3P \text{ (résultat expérimental de Monoyer)},$$
$$R = 4P \text{ (résultat non signalé)}.$$

Travail qu'on effectue en se soulevant sur la pointe du pied. — Pour nous placer dans les conditions les plus simples, nous supposons que le soulève-

Fig. 1.



ment est complet; ABC qui était horizontal au début devient vertical à la fin du mouvement.

On raisonne ordinairement comme il suit :

1° Le centre de gravité s'est élevé de a; donc travail utile

$$T_U = P \times a = 3Pb;$$

2° Le muscle CG s'est *raccourci* de b; donc travail moteur

$$T_M = Q \times b = 3Pb;$$

donc

$$T_M = T_U;$$

le moteur est parfait.

On arriverait à la même conclusion $T_M = 3Pb = Pa$ si l'on admettait le point de vue erroné des frères Weber, poids P appliqué en B, force $Q = \frac{3}{4}P$ soulevant son point d'application C à une hauteur $a + b = 4a$. C'est le travail qu'exécuterait une *force extérieure*, un homme qui soulèverait un autre homme en agissant sur la tirette de sa bottine.

Mais ce n'est pas ainsi que les choses se passent : le muscle moteur qui doit élever le point C prend comme point d'appui le point J de la barre JB, qui elle-même s'appuie en B sur AC. Le muscle travaille dans de très mauvaises conditions : il se crée à lui-même un obstacle contre lequel il doit lutter, et dont il ne triomphe que grâce au prolongement BC de la barre AB. Si BC tendait vers zéro, la contraction musculaire tendrait vers l'infini et serait de moins en moins efficace.

Nous tiendrons compte de ce fait en disant : le travail moteur est effectué par la force Q, qui élève le point C de $a + b$; il est $T_M = Q(a + b)$; le travail résistant est dû à la force R dont le point d'application B est soulevé de a; il est $T_R = Ra$; et en effet

$$Q(a + b) = Ra = 12\,Pb = 4\,Pa.$$

On voit que le travail demandé au muscle est *quadruple* du travail utile : le moteur ou plus exactement *les conditions d'utilisation du moteur sont donc très imparfaites.*

ANTHROPOLOGIE. — *Sur la découverte, dans la grotte du Portel, de peintures paléolithiques représentant l'Homme et des Animaux.* Note de M. **René Jeannel**, présentée par M. Alfred Giard.

Le 6 mars 1908, avec J. Fauveau, inspecteur adjoint des Forêts, à Foix, je visitais la grotte du Portel, afin d'étudier sa très riche faune cavernicole; au cours de mes recherches, j'eus la surprise de découvrir sur les parois de remarquables peintures paléolithiques.

La grotte du Portel, encore connue sous le nom de grotte de *Crampagna*, s'ouvre à 520^m d'altitude environ, sur la crête du Plantaurel, dans la commune de Loubens, canton de Varilhes (Ariège). Son entrée fait face au

Nord-Est. On pénètre par un étroit boyau en descente rapide qui conduit dans un système de couloirs rectilignes creusés, dans les calcaires crétaciques, aux dépens de deux joints de stratification parallèles et entièrement redressés. La paroi de droite est presque toujours lisse, sèche, rocheuse; celle de gauche, au contraire, est presque partout stalagmitée et humide. Les peintures occupent les parties sèches et rocheuses et cessent toujours là où la stalagmite apparaît.

La caverne du Portel avait été jadis fouillée par Noulet, qui y avait recueilli des restes quaternaires sans industrie humaine, du néolithique et des ossements humains (1).

Le 9 mars 1908, trois jours après notre découverte, je suis retourné au Portel, accompagné cette fois par L. Jammes et F. Régnault. Nous avons, ce jour-là, relevé 40 peintures à fresque représentant des Animaux et des silhouettes humaines. Nous n'avons pu découvrir aucun dessin gravé, mais seulement des peintures en noir et en rouge, au trait ou en teinte plate; certains traits sont renforcés par l'incisure de la roche et, comme à Altamira, les reliefs sont fréquemment utilisés pour la mise en place des dessins. Toutes les peintures, sauf une, sont monochromes; il n'y a qu'une seule superposition nette. Enfin, la stalagmite recouvre et masque partiellement un certain nombre de sujets.

Le grand intérêt des peintures du Portel réside en ce que deux d'entre elles représentent des profils d'homme en pied. Tous deux sont peints en rouge, malheureusement assez effacés. L'un est remarquable par le profil de son crâne très dolichocéphale, à front fuyant, à angle facial très fermé; sa tête seule est figurée de profil, tandis que le corps et les jambes sont de face; un gros phallus peint en rouge utilise une saillie de la roche; l'autre est saisissant par son attitude simiesque, son dos arrondi, ses bras ballants en avant. On avait déjà publié des profils gravés à Altamira et à Marsoulas, d'autres avaient été signalés à Font-de-Gaume et aux Combarelles, mais, nulle part encore, on n'avait trouvé des figures humaines peintes.

Les nombreux Animaux figurés sont des Bisons, des Chevaux, des Rennes, avec une forte prédominance de Chevaux. Le Portel est la grotte des Chevaux comme Niaux, qu'étudie en ce moment M. E. Cartailhac, est celle des Bisons. Les attitudes des différentes bêtes sont peu variées : quelques Chevaux courent ou galopent. Les pattes et en particulier les

(1) Ces renseignements inédits sur les fouilles de Noulet, au Portel, m'ont été communiqués par M. E. Cartailhac.

sabots sont très mal dessinés et les différentes parties du corps sont souvent d'une très grande disproportion. Aucune bête ne présente la perfection artistique qu'on rencontre dans les peintures au trait noir d'Altamira ou de Niaux. Je veux signaler cependant : 1° un Cheval au trait noir dans l'extrême fond de la caverne, le mouvement de ses pattes antérieures est fort remarquable; 2° un grand Bison au trait noir, dont la photographie accompagne cette Note [1]; 3° un grand Cheval polychrome, rouge cerné de noir, superposé à un gros Bison au trait noir; 4° un petit Bison figuré au trait rouge, la tête en bas; 5° enfin, un petit Cheval monochrome rouge, long de $0^m,15$, très finement peint en teinte plate et rehaussé par la gravure. Aucune bête n'est représentée percée de flèches.

Quant aux signes, ils sont très peu nombreux dans la grotte du Portel. Je n'ai vu aucun signe tectiforme ou scalariforme, aucune ligne barbelée comme à Marsoulas. Il existe seulement quelques traits rouges juxtaposés par trois ou quatre, rappelant des signes pectiformes (mains?) où manquerait la barre transversale; des barres rouges disposées en damier et surtout un gros signe rouge, large de $0^m,50$ environ, qu'on n'a jamais, à ma connaissance, signalé nulle part; on ne saurait mieux comparer sa forme qu'à celle d'un pique de carte à jouer où le petit triangle de base ferait défaut.

Je ne puis entrer ici dans l'étude détaillée des quarante peintures que j'ai relevées sur les parois de la grotte du Portel. Mais je m'empresse de dire que cette étude sera faite. Avec F. Régnault, nous avons entrepris d'en relever minutieusement des décalques et des photographies que nous publierons sans tarder.

ZOOLOGIE APPLIQUÉE. — *Études anémométriques des hélices zooptères.* Note de M. **Paul Amans**, présentée par M. Alfred Giard.

Si l'on place un anémomètre en arrière d'une hélice aérienne propulsive, avec l'axe du moulinet parallèle à l'axe de l'hélice, on observe des vitesses variables avec la position du moulinet. Dans de précédents Mémoires (Congrès aéronautique de Milan, 1906; Académie des Sciences et Lettres de Montpellier, 1906-1907; Congrès de l'Association française pour l'avan-

---

[1] La tête de ce Bison a été récemment salie par du noir de fumée. Il est facile, sur notre épreuve, de faire abstraction des taches surajoutées, qu'il sera très aisé de faire disparaître sur la roche.

cement des Sciences, Reims, 1907), j'ai étudié la forme de la rivière aérienne, sa pression sur des disques plans, ainsi que la courbe des vitesses à différentes distances de l'équateur. La comparaison des vitesses et des pressions m'a conduit aux mêmes résultats qu'en 1889 (Congrès international aéronautique, Paris, 1889) et en 1892 (Congrès de l'Association française pour l'avancement des Sciences, Marseille, 1892), à savoir que les palettes animales ou zooptères sont plus efficaces que les palettes rigides basées sur l'hélice géométrique.

Je rappellerai [voir à titre d'exemple une épure de palette *Vespa* dans *Aéro-Revue* (Lyon)] les caractères principaux des hélices animales : nervures élastiques, courbes, divergeant à partir de la base (l'épaisseur des nervures va en diminuant du proximum au distum et d'avant en arrière; la face antérieure est concave; la concavité diminue du proximum au distum); la torsion est positive, celle de l'hélice géométrique est négative, etc. Les autres facteurs à considérer, non spéciaux aux hélices zooptères, sont la déclinaison ou angle de la palette avec l'équateur (1) et l'inclinaison ou angle de l'axe proximo-distal avec l'axe de rotation de l'hélice. On ne m'a pas suivi (2) en France, mais on commence à expérimenter des hélices animales dans l'armée anglaise (Baden-Powel) et italienne (Bertelli). On les adoptera plus tard de préférence à toute autre, de même qu'on a adopté les aérocaves de préférence aux aéroplanes, les aéroglisseurs avec grande surface de sustentation et une petite en avant comme gouvernail de profondeur (frères Wright) (3).

Ceci posé, et c'est l'objet principal de cette Communication, voici une formule empirique qui donne une valeur approchée de la traction, en se servant uniquement de l'anémomètre.

Soit r le rayon d'une hélice formée de deux ailes. Je place le centre de l'anémomètre Richard à une distance de l'équateur égale à ce rayon et à une distance de l'axe de rotation égale à mr; le coefficient m varie avec la forme des palettes; il correspond au point où la vitesse est maximum.

Soit b cette vitesse maximum; soit a la vitesse mesurée, quand le centre du mou-

---

(1) Les palettes s'implantent sur le moyeu par un manche, une sorte d'humérus, dont l'axe prolongé rencontrerait l'axe de rotation. J'appelle *équateur* le plan passant par le point de rencontre, perpendiculaire à l'axe de rotation.

(2) Il faut excepter toutefois le colonel Renard; dans les *Comptes rendus* de 1903, on trouvera une allusion aux sections de profil courbe.

(3) Les frères Wright n'ont pas inventé ce système, mais ils sont probablement les premiers à l'avoir expérimenté. Je l'ai moi-même proposé en 1888 (Rapport sur l'aéroplane de Kress dans l'*Aéronaute* et *alias* dans les *Annales de Zoologie*, Paris, 1888, à propos des aéroplanes aquatiques).

linet est sur l'axe de rotation. Si je désigne par R la traction et k un coefficient de résistance aérienne, nous avons la formule

$$(1) \qquad R = \tfrac{1}{6} k \pi m^2 r^2 \left[a^2 + \frac{9 - 14m}{(1-m)^2} b^2 + 2ab \right].$$

Soit, par exemple, une palette *Perdrix* de $0^{m},50$ de rayon, tournant à 15 tours à la seconde. Les vitesses sont

$$a = 11^{m},44, \qquad b = 20^{m},46.$$

Dans ce cas $m = 0,46$. Si nous prenons $k = 0^{kg},07$, nous avons

$$R = 8^{kg},19,$$

chiffre peu différent de la traction mesurée au dynamomètre; celle-ci était 8^{kg}.

Prenons une palette orthoptère (la *Mantis*) plus étroite, moins concave; à 16 tours à la seconde, et une déclinaison basilaire de 20° comme la *Perdrix*, nous avons

$$a = 8,63, \qquad b = 15.$$

Comme ici $m = \frac{1}{2}$, la formule devient

$$(2) \qquad \begin{cases} R = \frac{1}{24} k \pi r^2 (a^2 + 8b^2 + 2ab), \\ R = 4^{kg},77. \end{cases}$$

A la vitesse de 15,5 tours et une déclinaison de 12°, nous avons

$$a = 8,13, \qquad b = 15,96, \qquad R = 4^{kg},76.$$

Dans les deux cas (à 12° et à 20° de déclinaison basilaire) la traction mesurée au dynamomètre était de 5^{kg}.

Les deux palettes ont même torsion (20° environ) et même élasticité; mais la flexion et les changements d'envergure sont bien différents, ainsi que le montrent les photographies prises à différentes vitesses de rotation. Les nervures ont bien même substance et même épaisseur à distance égale de l'axe de rotation; elles n'ont pas mêmes courbures, et, en outre, à même distance de l'axe, les sections de profil sont dissemblables et, par suite, les résistances aériennes qui déterminent la flexion. La photographie me paraît être la meilleure méthode d'étudier l'élasticité des hélices aériennes.

Les expériences ont été faites avec une dynamo multipolaire, montée sur un tricycle très léger, très roulant; un ressort à boudin mesurait la traction.

Je n'ai pas expérimenté de palettes hélicoïdales de même envergure de $0^{m},50$; j'ignore si la formule (1) donne une valeur approchée de la trac-

tion. Cette formule est du reste tout à fait empirique; mais, avec les paramètres a, b, m, on a une idée comparative des rivières aériennes, tandis que la formule habituelle $R = \varphi(n^2 r^4)$ est muette à ce sujet.

Le rapport $\frac{a}{b}$ est intéressant à étudier lorsqu'on fait varier la déclinaison. D'après les observations sur *Mantis* et *Perdrix*, le rapport $\frac{a}{b}$ augmente avec la déclinaison; si ce rapport pouvait s'exprimer par une fonction trigonométrique, on aurait la traction en fonction de la déclinaison et de la vitesse anémométrique maxima.

GÉOLOGIE. — *Les éruptions pliocènes et pléistocènes de la Limagne.* Note de M. **Ph. Glangeaud**, présentée par M. Michel Lévy.

La continuité des mouvements du sol (surtout des tassements), à diverses reprises, de l'époque pliocène, se traduisit, dans la Limagne, par la formation de nouvelles fractures dont certaines ont découpé, non seulement les sédiments tertiaires de cette région (Oligocène et Miocène), mais aussi les coulées basaltiques miocènes qu'ils surmontaient. Ces coulées furent donc, avec leur soubassement, morcelées en gradins effondrés à des hauteurs variables (Chateaugay, Puy-du-Var, Charrade, etc.)

Sur certaines de ces fractures s'édifièrent de nouveaux volcans mieux conservés que les volcans miocènes (volcans de Corent, Perrier, la Roche Noire, du mont Rognon, du Brac, du Puy-Giroux, du Montcelet, etc.).

L'érosion n'a pas enlevé le culot cratérique basaltique du mont Rognon et du Montcelet, culot se présentant sous forme de cône basaltique. Corent possède encore un cône de scories presque aussi bien conservé que les cônes des volcans pléistocènes.

La coulée de la Roche Noire, qui descend de la base du volcan miocène de Saint-André, est dans un état de fraîcheur remarquable.

Ces considérations ne seraient pas suffisantes pour dater l'âge de ces volcans qui se sont édifiés du Pliocène inférieur au Pliocène supérieur, si l'on n'avait pu faire les observations suivantes :

La coulée de Corent, *la plus élevée,* s'est étendue dans la vallée de l'Allier qu'elle a comblée, en la barrant, sur plus de 40^m de haut. Les alluvions sur lesquelles repose la coulée sont suspendues, aujourd'hui, à environ 165^m du niveau actuel de l'Allier, alors que les dernières coulées miocènes sont à 65^m plus haut.

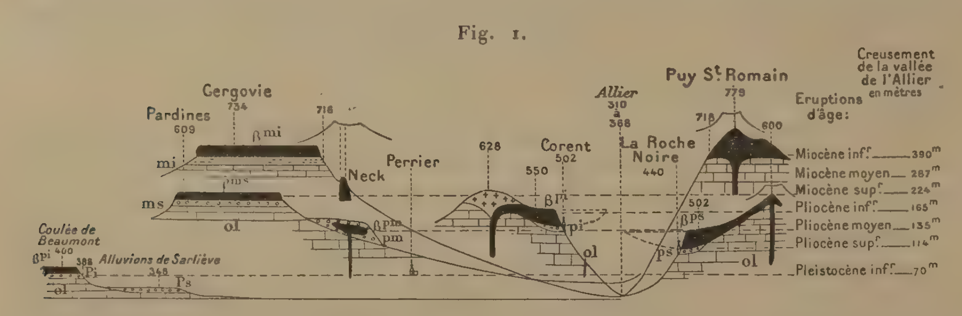
Il y a donc eu, entre les deux éruptions volcaniques, un creusement de 65^m de la vallée de l'Allier.

La coulée de la Roche Noire possède, à son extrémité, une situation analogue et symétrique de la coulée de Corent, sur la rive droite de l'Allier. Elle offre un beau plateau et un front basaltique de 45^{m} de haut, reposant sur des alluvions qui ne sont qu'à 114^{m} au-dessus du niveau actuel de l'Allier, c'est-à-dire 51^{m} plus bas que celles de Corent. Elle descend à 25^{m} au-dessous de l'extrémité du conglomérat ponceux Pliocène moyen, issu du mont Dore. Enfin elle se tient entre 40^{m} et 50^{m} au-dessus des alluvions Pléistocène inférieur. Il est donc hors de doute que cette coulée est d'âge *Pliocène supérieur*. Corent serait Pliocène inférieur ou moyen. Ces chiffres correspondent sensiblement à ceux donnés par M. Boule pour la coulée Pliocène moyen du volcan du Coupet (Haute-Loire).

Les coulées du Broc et de Perrier ont une situation semblable à celle de Corent. Celles du Montcelet semblent un peu plus récentes (*Pliocène inférieur*).

Les volcans de Gravenoire et de Beaumont, d'âge *Pléistocène inférieur*, ont

Fig. 1.



Les divers âges des éruptions de la Limagne.

ol, Oligocène; *mi*, *ms*, *pi*, *ps*, P*i*, P*s*, alluvions : Miocène inférieur, Miocène supérieur, Pliocène inférieur, Pliocène supérieur, Pléistocène inférieur, Pléistocène supérieur; β*mi*, β*ms*, β*pi*, β*pm*, β*ps*, βP*i*, coulées volcaniques d'âge correspondant.

leurs coulées à 36^{m} au-dessus des alluvions *Pléistocène supérieur* de Sarlière (à *Elephas primigenius*, *Cervus tarandus* et silex taillés) et à 70^{m} environ au-dessus de la vallée actuelle de l'Allier.

Conclusions. — Les considérations qui précèdent, appuyées sur la Paléontologie et la Paléogéographie, ont montré les relations des phénomènes orogéniques, hydrologiques et volcaniques, en permettant de suivre les *différentes phases d'exhaussement* et de *dislocation* de la Limagne, du *creusement de la vallée de l'Allier* et de l'*activité volcanique* de cette région, depuis le

Miocène jusqu'au Pléistocène. Les phénomènes volcaniques ont débuté au *Miocène inférieur*, ont été particulièrement intenses au *Miocène moyen*, et paraissent moins importants au Miocène supérieur, au Pliocène et au Pléistocène.

Ces notions modifient et complètent, d'une manière sensible, les idées sur l'âge et l'origine des volcans de la Limagne, dont la plupart, contrairement à ce qu'on pensait, ont été édifiés avant le dernier soulèvement alpin.

La question des pépérites, qui se rattache étroitement aux différentes phases de l'activité volcanique, fera l'objet d'un nouveau travail.

En résumé, la Limagne est la région du Massif central où l'activité volcanique est la *plus ancienne* et où elle a *persisté le plus longtemps*, puisqu'elle existe encore sous forme de mofettes, de sources thermales et de venues bitumineuses. C'est donc, à ce point de vue, une des contrées les plus intéressantes de l'Europe.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Contribution à l'étude du rayonnement calorifique solaire*. Note (¹) de MM. C. **Féry** et G. **Millochau**, présentée par M. Lippmann.

Comme nous l'avons exposé dans des Notes précédentes (²), la mesure faite, avec le télescope pyrhéliométrique, du rayonnement d'un petit élément de la surface solaire est instantanée, facile à exécuter et par suite exempte de retard par rapport au temps noté pour l'observation, il serait donc utile d'en déduire directement la valeur de la constante solaire.

D'après la loi de Stefan, la quantité q de chaleur reçue par une surface noire de 1^{cm^2}, recevant le flux de chaleur d'un radiateur intégral, de température T, de surface S et placé à la distance D, est

$$q = aT^4 \frac{S}{D^2}$$

lorsque la température du récepteur est négligeable par rapport à T.

Les observations ayant montré que T est constant sur une circonférence ayant pour centre le centre de l'image solaire et pour rayon r, la couronne

---

(¹) Présentée dans la séance du 16 mars 1908.

(²) *Comptes rendus*, 3 et 17 février 1908.

circulaire infinitésimale $2\pi r\,dr$ produit donc l'effet

$$dq = a\mathrm{T}^4 \frac{2\pi r\,dr}{\mathrm{D}^2}.$$

L'effet total produit par le Soleil est la constante solaire A_w (exprimée en watts) et sera par suite, en intégrant,

$$\mathrm{A}_w = \int_0^{\mathrm{R}} \frac{a\mathrm{T}^4\, 2\pi r\,dr}{\mathrm{D}^2}$$

où R est le rayon du Soleil et D sa distance à la Terre.

Remplaçant T^4 par sa valeur $\mathrm{K}\delta$ (δ étant la déviation en millivolts donnée par l'appareil et K la constante instrumentale), on aura,

(1) $$\mathrm{A}_w = \frac{a\mathrm{K}}{\mathrm{D}^2}\int_0^{\mathrm{R}} 2\pi r\,\delta\,dr = \frac{a\mathrm{K}}{\mathrm{D}^2}\int_0^{\delta_2} \pi r^2\,d\delta.$$

Dans ces intégrales, la quantité sous le signe somme est le volume V du solide de révolution engendré par la courbe représentative du rayonnement calorifique solaire suivant un diamètre (r en abscisses, δ en ordonnées) si l'on fait tourner cette courbe autour de son axe de symétrie.

Ce volume V est aussi numériquement égal à l'aire de l'une des deux courbes auxiliaires qu'on peut construire en posant dans le premier cas $y = r\delta$, $x = r$ et dans l'autre cas $y = r^2$, $x = \delta$, aires qu'on peut calculer graphiquement.

Si nous posons maintenant $\delta_m = \frac{\mathrm{V}}{\pi \mathrm{R}^2}$ et remplaçons dans (1) V par $\pi r^2\,\delta_m$ nous obtenons

(2) $$\mathrm{A}_w = \frac{\mathrm{V}a\mathrm{K}}{\mathrm{D}^2} = \frac{\pi \mathrm{R}^2}{\mathrm{D}^2} a\mathrm{K}\,\delta_m;$$

or $\frac{\mathrm{R}^2}{\mathrm{D}^2} = \mathrm{tang}^2\frac{\varphi}{2}$, φ étant le diamètre apparent du Soleil. $\mathrm{K}\delta_m$ est la quatrième puissance de la température effective moyenne du Soleil, c'est-à-dire la température d'un radiateur intégral qui produirait le même effet général sur la Terre, soit T_m^4; on aura

(3) $$\mathrm{A}_w = \pi a \mathrm{T}_m^4\,\mathrm{tang}^2\frac{\varphi}{2},$$

qui nous permettra de calculer la constante solaire à l'aide du seul télescope pyrhéliométrique, lorsque nous connaîtrons la constante a.

Nous pouvons déterminer une valeur approchée de a en remplaçant, dans (3), A_w par la valeur que nous avons trouvée avec l'actinomètre, et T_m^4 par celle tirée des mesures faites, en même temps, avec le télescope pyrhéliométrique.

Un moyen simple d'obtenir V consiste à mesurer graphiquement l'aire d'une des moitiés de la courbe représentative, de chercher son centre de gravité et d'appliquer le théorème de Guldin.

Mais nous n'avons à notre disposition, pour ce travail, que les courbes obtenues avec un télescope dont le réticule thermo-électrique comporte un disque ayant un diamètre sensible par rapport à l'image solaire.

Il y a donc lieu de corriger cette courbe de l'effet produit par le diamètre du disque, surtout à partir du point où celui-ci est incomplètement couvert, les ordonnées de la courbe se trouvant diminuées.

Or on peut remarquer que si l'on mène, par le point correspondant à $x = R$, une droite parallèle à l'axe des y, l'aire de la portion de courbe située en dehors de cette droite est égale à l'aire qui serait comprise entre la courbe réelle et la courbe mesurée.

On peut donc évaluer très approximativement le centre de gravité de la portion d'aire manquante et, appliquant le théorème de Guldin, décomposer le volume V en deux parties et les calculer séparément. On obtient ainsi :

$$\delta_m = 4308, \quad T_m = 5358, \quad a = 3{,}02 \times 10^{-14}.$$

La courbe représentative du rayonnement solaire suivant un diamètre semble, à l'examen, très voisine d'une ellipse; il était intéressant de voir ce qui se passerait, au point de vue du calcul, en l'assimilant à une ellipse.

Le volume V devient alors un cylindre surmonté d'un demi-ellipsoïde de révolution. La formule suivante donne ce volume :

$$V = \pi R^2 \delta_1 + \frac{2}{3} \pi R^2 (\delta_2 - \delta_1) = \pi R^2 \left(\frac{2\delta_2 + \delta_1}{3} \right),$$

δ_1 étant la mesure faite au bord de l'image solaire, δ_2 celle faite au centre.

Puisque

$$\delta_m = \frac{V}{\pi R^2}, \qquad \delta_m = \delta_2 \left(\frac{2n + 1}{3} \right) \qquad \text{si} \qquad n = \frac{\delta_2}{\delta_1}.$$

Dans nos mesures, δ_1 correspond au moment où le centre de la soudure thermo-électrique coïncide avec l'image du bord solaire; la soudure est alors

à moitié couverte, et les recherches de l'un de nous ont montré que, dans ce cas, l'intensité de la déviation est proportionnelle à la surface couverte.

Si l'on appelle δ_0 la valeur mesurée, on aura une valeur très approchée de δ_1 en doublant δ_0, en retranchant du résultat l'intensité de la chaleur diffuse du ciel au bord solaire et en corrigeant le nombre trouvé de la courbure de ce bord.

Par cette méthode, on trouve

$$\delta_m = 4284, \qquad T_m = 5351, \qquad a = 3{,}03 \times 10^{-14}.$$

Il y aurait grand intérêt à répéter ces expériences à une plus grande altitude que le mont Blanc, en ballon par exemple.

M. D.-K. **Popoff** adresse une *Démonstration du théorème dit* la grande proposition *de Fermat, à savoir que $a^n + b^n = c^n$ est impossible si $n > 2$.*

(Renvoi à l'examen de M. Jordan.)

M. **Lapeyre** adresse une Note relative à *la triple preuve* et un Mémoire intitulé : *Décomposition en facteurs premiers des nombres jusqu'à dix millions.*

(Renvoi à l'examen de M. Jordan.)

A 4 heures et demie, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 5 heures.

G. D.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS DANS LA SÉANCE DU 23 MARS 1908.

Manuscrits de Galois, publiés par JULES TANNERY. Paris, Gauthier-Villars, 1908; 1 fasc. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

Nuove notizie storiche sulla vita e sulle opere di Macedonio Melloni; Memoria del Socio I. GUARESCHI, con incisioni. Turin, Carlo Clausen, 1908; 1 fasc. in-4°. (Présenté par M. Haller. Hommage de l'auteur.)

Observatoire Jarry-Desloges, temporairement au Revard : *Observations des surfaces planétaires : la Lune, Mars, Jupiter, Saturne, Mercure;* fasc. I, année 1907. Paris, Gauthier-Villars, 1908; 1 fasc. in-8°. (Présenté par M. Bigourdan.)

Plusieurs Volumes du *Bulletin* et de l'*Annuaire* et divers Mémoires publiés par la « Station séricicole du Caucase », sous la direction de M. N. SCHAWROFF. Tiflis; 12 vol. et 4 fasc. in-8°, et 9 vol. et 5 fasc. in-4°. (Offerts par M. N. Schawroff, Directeur de la Station.)

Le SERVICE GÉOGRAPHIQUE DE L'ARMÉE adresse les Cartes suivantes, nouvellement éditées : *France,* au 50 000e en couleurs : *Toul.* — *Asie,* au 1 000 000e : *Téhéran.* — *Tunisie,* au 100 000e : *Metlaoui; Bir el Ater.* — *Frontière algéro-marocaine,* au 100 000e. — *Région de Casablanca,* au 200 000e. — *Région de Settat,* au 200 000e. 7 feuilles in-plano.

La Carte géologique internationale de l'Amérique du Nord, par EMM. DE MARGERIE. (Extr. des *Annales de Géographie,* t. XVII, 1908.) Paris, Armand Colin, 1 fasc. in-8°.

Observatorio de Tacubaya. Carta fotografica del Cielo; Zona-16°, n°s 2, 4, 5, 15, 16, 42, 45, 46-54. 16 planches héliogravées, in-plano.

Bestimmung der Gradienten der Schwerkraft und ihrer Niveauflächen mit Hülfe der Drehwage, von Baron ROLAND EÖTVÖS. (Extr. du premier Volume des *Abhandlungen der XV. Allgemeinen Konferenz der Erdmessung in Budapest,* 1906.) Leide, E.-J. Brill, 1907; 1 fasc. in-4°. (4 exemplaires adressés par l'Académie royale des Lincei, à Rome.)

Icones mycologicæ, par BOUDIER; 4e série, livraison 18. Paris, Paul Klinksieck, mars 1908; 1 fasc. in-4°.

Leçons d'ouverture du Cours d'Hydrologie de l'année scolaire 1907-1908, *à Toulouse,* par F. GARRIGOU. (Extr. du *Bulletin général de Thérapeutique.*) Paris, Octave Doin, 1908; 1 fasc. in-8°.

Journal de Mathématiques pures et appliquées, 6e série, publiée par CAMILLE JORDAN; t. IV, année 1908, fasc. n° 1. Paris, Gauthier-Villars; 1 fasc. in-4°.

La Science positive, les épidémies et les maladies contagieuses au XXe siècle, Leçon d'ouverture du cours, à Gand, le 14 novembre 1907, par le Dr JULES FÉLIX. Gand, 1908; 1 fasc. in-8°.

Médicamenta, guida teorico-pratica per sanitari. Milan, *Cooperativa farmaceutica,* 1908; 1 vol. in-12.

Procédé de momification intégrale des cadavres, par GIOVANNI CHIARELLA, et un *Supplément.* Rome, 1907; 2 fasc. in-8°.

La loi du travail ou *Une nouvelle éducation :* Essai de droit public, par AMBROGIO FREIDA. Rome, 1908; 1 fasc. in-8°.

ERRATA.

—

(Séance du 16 mars 1908.)

Note de M. *G.-A. Tikhoff,* Sur la dispersion de la lumière dans les espaces célestes. Historique de la question et premiers résultats :

Page 572, ligne 2, *au lieu de* dans le but d'appliquer une méthode spectrale, *lisez* dans le but d'appliquer ma méthode spectrale.

Page 574, ligne 14, *au lieu de* M. Hyggins, *lisez* M. Huggins.